

لغة الكيمياء

عند الكائنات الحية

تأليف:
دكتور أحمد مدحت إسلام



ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

لغة الكيمياء

عند الكائنات الحية

تأليف:
دكتور أحمد مدحت إسلام

٩٣ - ذو الحجة ١٤٠٥ هـ - سبتمبر (ايلول) ١٩٨٥ م

المراسلات :

توجه باسم السيد الأمين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

ص.ب ٢٣٩٩٦ ـ الكويت

لغة الكيمياء

عند الكائنات الحية

مقدمة

تلعب اللغة دورا هاما في حياة الأفراد ، فهي إحدى وسائل الاتصال الهامة التي تستخدم في تبادل المعلومات، كما تستخدم في تسجيل مختلف أنواع المعرفة وفي حفظها .

وقد استخدم الإنسان منذ قديم الزمان ما يصدر عن حنجرته من أصوات كوسيلة للتخاطب والتفاهم وكأداة للتعبير عن عواطفه وآرائه ومعتقداته .

ويعتقد أن وسائل الاتصال بين أفراد الإنسان الأول لم تكن تزيد عن بعض الهمهمات أو ما يشبه الزمجرة التي تختلف في نوعيتها أو في حدتها من موقف لآخر ، وكان يصحبها في كثير من الأحيان بعض الإشارات باليدين أو بالرأس أو بالعينين مما قد يساعد على إيصال المعنى المقصود من فرد لآخر .

ولابد أن هذه الهمهمة أو الزمجرة قد تطورت بمرور الزمن الى كلمات محددة المعنى تستعمل في مناسبات خاصة ، ويدل كل منها على شيء ما ، ثم تحولت بعد ذلك الى لغة خاصة تترتب فيها هذه الكلمات بأسلوب خاص يتناسب مع كل ظرف ويتمشى مع كل مناسبة .

وقد ترتب على ذلك أن اختلفت هذه اللغات واللهجات من مجموعة بشرية الى أخرى فتعددت هذه اللغات بين القبائل المختلفة ،

وأصبح لكل منها لغة خاصة بها تستخدمها في التعبير عن رغباتها ، وفي تبادل المنافع والمعلومات بين أفرادها .

وقد تعددت هذه اللغات وتنوعت حتى داخل الجنس الواحد ، ويمكننا ان نرى ذلك بجلاء في القارة الهندية ، فيوجد بها ما يزيد على تسع وعشرين لغة مستقرة ، بينما يقدر عدد هذه اللغات او اللهجات على مستوى العالم بما يزيد على عدة مئات ، يتعامل بها البشر فيما بينهم كوسيلة للتفاهم وتبادل المعرفة .

ولا تعد اللغة المنطوقة الوسيلة الوحيدة لإجراء الاتصالات وتبادل المعلومات، بل لقد ابتكر الإنسان وسائل أخرى لإجراء مثل هذه الاتصالات فاستخدم الإشارات الضوئية مثلا لتبادل الوسائل بين القطع البحرية والسفن في عرض البحار ، كما استخدم إشارات مورس لنقل الرسائل والأخبار عبر المسافات ، إلا أننا نلاحظ أن جميع هذه الوسائل التي ابتكرها الإنسان تعتمد أساسا على حاستين هما حاستا السمع والبصر في جميع هذه الحالات ولا تخرج عن كونها وسائل تعتمد على إصدار الصوت أو على رؤ ية الصورة .

ويصعب علينا كثيرا أن نتصور أن هناك طرقا أخرى للتخاطب أو للاتصال بين أفراد بعض الكائنات الحية خلاف ما نعرفه من وسائل ، بل يصعب علينا كذلك أن نتصور أن هناك مخلوقات أخرى تستطيع أن تتبادل المعلومات فيما بينها بطرق أخرى، كأن تفرز بعض المواد الكيميائية التي يمكن تذوقها أو شمها والتعرف عليها والتأثر بها تبعا لذلك .

وقد يشق علينا أيضا أن نتصور أن لكل مادة من هذه المواد الكيميائية طعما خاصا أو رائحة خاصة تستثير إحساسا خاصا عند الكائن الحي الذي يقوم باستقبالها ، فيصبح لكل منها بذلك مدلول خاص ، ومعنى معين ، فتشبه بذلك كلمات اللغة العادية ، ويمكن إستخدامها بدلا من هذه الكلمات ، كما يمكن ترتيبها بأسلوب خاص بحيث تكون فيما بينها جملا مفيدة تحمل المعنى المقصود .

وعلى الرغم من صعوبة تصور هذه الأفكار ، وعدم اكتشافنا لهذه الاحتمالات بصورة عملية فيما حولنا من كائنات ، إلا أنها على الأقل ، تظل قائمة ومحتملة من الناحية النظرية .

وفي حقيقة الأمر ، ليس من الصعوبة أن نبني ، من الناحية النظرية ،نظاما للاتصال يقوم على استخدام المواد الكيميائية ، بحيث يستطيع هذا النظام أن ينقل إلينا عددا هائلا من المعلومات بكفاءة كبيرة . ولو أخذنا المركبات العضوية مثالا لذلك لوجدنا أنها متنوعة التركيب وتوجد بأعداد هائلة ، فيبلغ المعروف منها حاليا ما يزيد على المليونين من المركبات ، وطبقا لنظرية الاحتمالات ، يمكن أن يوجد من هذه المركبات العضوية مئات الملايين ، مما يزيد من صلاحيتها للاستخدام كمفردات في لغة الكيمياء .

وتتميز المركبات العضوية بصفة عامة ، بأنه يمكن تغيير خواصها بإجراء تغيير طفيف في تركيب جزيئاتها ، مما يجعلها تصلح صلاحية كبيرة للاستخدام لنقل الرسائل والمعلومات في هذه اللغة الجديدة التي نحن بصددها .

ولاشك أن هذا التصور يبدو غريبا الى حد كبير بالنسبة للكثيرين منا وذلك لأن نظرتنا الى مثل هذه الأمور قد تشكلت تماما بقدراتنا السمعية والبصرية وأصبح من العسير تغيير معتقداتنا في هذا المجال أو حتى تعديلها تعديلاً طفيفاً .

ولا يعتبر هذا المفهوم غريبا حقا إذا تذكرنا أن تبادل المعلومات والرسائل داخل جسم الإنسان وغيره من الكائنات ، إنما يتم في الحقيقة عن طريق مثل هذه المواد الكيميائية ، فالمخ يسيطر سيطرة تامة على الجسد عن طريق الرسائل الكهروكيميائية التي يرسلها ويتلقاها على الدوام ، كذلك فإن أغلب الأعمال الحيوية الهامة التي تدور داخل خلايا الكائنات الحية ، إنما تسيطر عليها بعض الجزيئات الكيميائية التي تتميز بتركيب خاص والتي تحمل في تركيبها هذا قدراً هائلاً من المعلومات في شفرة كيميائية فريدة في نوعها ، تحدد نوع وتركيب المواد الكيميائية الأخرى التي تنتج داخل الخلية الحية ، وكذلك تحدد طبيعة هذه المركبات ووظائفها وتحدد نوع الكائن الحي نفسه وطبيعته .

ويبد من كل ذلك ، أن هناك لغة كيميائية خاصة تربط بين مختلف الخلايا في الكائن الحي ، وأن جميع الأوامر والتعليمات التي تتلقاها هذه الخلايا إنما تصدر منها أو إليها على هيئة جزيئات كيميائية محددة التركيب تشبه المفردات اللغوية الى حد كبير .

ويمكن تصور هذا المفهوم بطريقة أفضل إذا انتقلنا إلى مملكة الحشرات ، فمن المعروف أن هذه الحشرات تعيش في تجمعات خاصة تشبه المجتمعات ، تتم فيها الأعمال بمنتهى الدقة والنظام .

ولنسأل أنفسنا كيف تستطيع هذه الحشرات أن تحتفظ بهذا النظام الفائق داخل مستعمراتها ؟ وكيف تقوم بتقسيم العمل بين مختلف أفراد هذه المستعمرة ؟ وكيف تعلم بوجود دخيل أو حدوث عدوان على مستعمرتها ؟ وكيف تتعرف على موقع الغذاء ،ومتى تقوم بتخزينه؟ إلى غير ذلك من الأسئلة التي قد تخطر ببالنا .

وللإجابة على ذلك لابد أن نفترض أن هناك وسيلة ما للاتصال بين أفراد هذه المستعمرات وتبادل المعلومات فيما بينها ، ولكنها قطعا تفعل ذلك بأسلوب غير تقليدي يختلف كل الاختلاف عن الاساليب التي ألفناها في عالمنا نحن البشر .

وقد تم اكتشاف عدد من وسائل الاتصال الكيميائية المعقدة التي تستخدمها بعض هذه الكائنات لتبادل المعلومات ، وتبين أن بعض الحشرات تقوم بإفراز بعض المواد الكيميائية في مناسبات معينة ، وهي تفعل ذلك إما للتأثير المباشر في الأفراد المحيطة بها ، وإما للتحكم في البيئة نفسها ، وهي تقوم بذلك ببراعة ، فهي لا تخلط بين مناسبة وأخرى ، ولا تخطىء في ذلك على الإطلاق ، فلكل مناسبة مادة خاصة بها ، كما أن لكل مادة غدة خاصة بها أيضا .

وتبدو هذه الظاهرة بوضوح في مستعمرات النمل الأبيض ، فإن كلا من جماعات النمل المخصصة للتكاثر ، وجماعات الجنود التي تتولى الدفاع عن المستعمرة ، تفرز مادة كيميائية معينة تمنع جماعات النمل الأخرى من التحول الى صورتها.وبذلك يتم الاحتفاظ بالتوازن في أعداد كل صنف داخل المستعمرة . ومن المعتقد أن هذه المواد الكيميائية تؤثر على الغدد الصماء في هذه الكائنات ، وهي

الغدد التي تسيطر على عمليات التحول من صنف لآخر ، والمسئولة عن إكتساب الصفات النوعية لكل حشرة .

ولا يقتصر الأمر على مستعمرات النمل فقط ، بل تنتشر هذه الظاهرة بين غيرها من أفراد مملكة الحشرات ، فذكور الجراد البالغة تقوم بإفراز مادة كيميائية متطايرة من السطح الخارجي لجلودها لتساعد على الإسراع في نمو أفراد الجراد الصغير السن . وقد اتضح أن عذراء الجراد عندما تحس بوجود هذه المادة ، ترتجف قرون استشعارها بوضوح كما أن أرجلها الخلفية وبعض أجزاء فمها تهتز عند تعرضها لهذه الرائحة .

كذلك تمتد هذه الظاهرة لتشمل كثيرا من أفراد مملكة الحيوان ، وقد تتسبب بعض هذه المواد الكيميائية في إحداث بعض التغييرات الفسيولوجية في جسم الحيوان دون أن تحدث أثرا ملحوظا في سلوكه أو في تصرفاته الظاهرة . ومن أمثلة ذلك ما يحدث لبعض إناث الفئران عندما تشم رائحة بعض الإناث الأخرى من أفراد نوعها . فعند وضع هذه الإناث في مجموعات من أربعة أفراد ، نلاحظ أن حالات الحمل الكاذب تنتشر فيما بينها ، ولكن هذه الإناث تعود مرة أخرى إلى حالتها الطبيعية الخصبة عند عزلها ووضع كل منها على إنفراد ، أو عند إزالة بصيلات الشم منها ، مما يدل على أنها تستقبل رائحة خاصة تقوم بإفرازها بعض الإناث الأخريات .

وتدل هذه التجربة على أن دورة المبيضين في إناث الفئران يحدث بها شيء من الاضطراب عندما تضطر هذه الاناث للعيش مزدحمة في مجموعات كبيرة ، وربما كانت مثل هذه المواد الكيميائية التي تفرزها

هذه الإناث إحدى الوسائل التي تستخدمها هذه الحيوانات لتحديد نسلها وللسيطرة على كثافة السكان .

وقد اتضح كذلك أن رائحة أحد ذكور الفئران تساعد على بدء دورة المبيض في اناث الفئران ، كما أن رائحة ذكر فأر غريب قد تتسبب في إيقاف حمل حديث لإحدى الإناث ، بينما نلاحظ أن رائحة الذكر الأصلي الذي تسبب في الحمل لا أثر لها طبعا على حمل هذه الأنثى .

ويعتقد بعض العلماء أن هناك بعضا من الأدلة على أن رائحة ذكر الفأر الغريب تتسبب في تعويق إفراز هرمون « البرولاكتين » « مما يؤدي إلى عدم استكمال نمو إحدى غدد المبيض عند أنثى الفأر .

وتدل هذه الظواهر جميعا على أن هناك لغة خاصة بين هذه الكائنات الحية تستخدم فيها بعض المركبات الكيميائية التي تقوم بافراز كل منها في إحدى المناسبات الخاصة أو من أجل غرض معين . ولا يعرف أحد تماما ما يحدث في هذه الحالات ، فلم يتم بعد فصل هذه المواد الكيميائية التي تسبب مثل هذه التغيرات ، إلا في بعض الحالات القليلة ، ولذلك لا تعرف طبيعة أغلب هذه المواد أو تركيبها حتى الآن ، كما أن الآثار التي تحدثها بالكائن الحي وطريقة عملها في جسده لم يتم فهمها بعد بصورة جيدة في أغلب الحالات .

وقد تم فصل بعض المواد الكيميائية البسيطة التي ينتشر استخدامها في مملكة الحيوان لإحداث أثر واحد محدد ، وثم التعرف على تركيب بعض منها . وتحدث مثل هذه المواد تأثيراً مباشراً على

الجهاز العصبي المركزي ، وتخدم بذلك كثيرا من الأغراض والوظائف ، فهي قد تحدد سلوك الحيوان بالتأثير في تصرفاته المباشرة ، ويمكن بذلك اعتبارها بديلا للغة الكلام فهي تسهم في تبادل المعلومات وفي تلقى الأوامر المباشرة ، ومن أمثلة هذه المواد تلك المواد المعروفة باسم « مواد الأثر » وهي المواد التي يستخدمها النمل لتحديد اتجاهات سيره وحركاته خارج المستعمرة ، و « مواد الإنذار » وهي المواد التي تطلقها الحشرات للإنذار بوقوع الخطر ، و « جاذبات الجنس » التي تطلقها الإناث لجذب ذكور الحشرات .

ويتضح مما سبق أن لكل مادة كيميائية أثراً معيناً ، وفعلا خاصا تنفرد به هذه المادة دون غيرها ، وأنه إذا أطلقت هذه المادة بين كائنين أشبهت في ذلك الكلمات والجمل المفيدة التي تتكون منها لغة الكلام عند الإنسان .

أما إذا أطلقت هذه المواد داخل جسد الكائن الحي ، فإنها تشبه في ذلك الرسائل المكتوبة التي تحمل التعليمات ، وتحدد خط السير وأسلوب العمل ، وهي تماثل في ذلك تعليمات التشغيل أو الشفرة ، وهذه هي الطريقة التي تعمل بها الأحماض النووية داخل أجساد الكائنات الحية ، كما تفعل ذلك كثير من المواد الكيميائية الأخرى ، مثل مركبات الكاينين والانزيمات ومنظمات النمو وغيرها .



-١-

مَـواد الأثــر

ربما كانت أكثر أنظمة الاتصال الكيميائية تطوراً في الـطبيعية ، هي تلك الأنظمة التي تستخدمها بعض أفراد مملكة الحشرات الفائقة التنظيم مثل النحل أو النمل .

ومن المعروف أن هذه الحشرات تعيش في تجمعات كبيرة ، فهي في حالة النمل تعيش في مستعمرات كبيرة تبنيها في باطن الأرض أو في أي تجويف يمكن العثور عليه ، بينما في حالة النحل تعيش في خلايا تقيمها داخل الاشجار أو في أي مكان مهجور .

وقد ظن في بادىء الأمر أن أفـراد هذه المجموعـات الحشرية قد تتبادل الرسائل والمعلومـات بتحـريك قرون الاستشعـار على هيئـة اشارات خاصة لكل منها مدلول خاص .

ولكننا لو فحصنا مسـاكن هذه الحشرات ، لوجدنـا أن كلا من المستعمرات التي يقيمها النمل ، والخلايا التي يبنيها النحل تتكون من سراديب متشعبة يغشاها الظلام الدامس على الدوام ، وبـذلك فان أفراد هذه الأنواع من الحشرات تعيش عادة في ظلام تام داخـل هذه الخلايا أو المستعمرات ، حتى أنه قد يصعب على إحداها أن تميز الأخرى داخل ممرات ودهاليز هذه المساكن المتشعبة .

وينبنى على ذلك أن أفراد هذه المجموعات الحشرية لن تستطيع أن تتبادل الإشارات فيا بينها ، حتى لو أرادت ذلك ، فلن يمكن لأحد هذه الأفراد أن يميز بوضوح نوع الاشارة التي قد يرسلها له فرد آخر

في هذا الظلام الحالك ، ويعني هذا أن نظام تبادل المعلومات داخل المستعمرات أو الخلايا عن طريق الاشارات ، يصبح يعيد الاحتمال . ولا بـد أن تكون هنـاك وسيلـة أخـرى تصلـح للتخاطـب وتبـادل المعلومات حتى في هذا الظلام الدامس .

وقـد رأى بعض العلماء أن أنسب أنظمـة الاتصـال بـين هذه الحشرات قد يكون نظامـا يتضمـن إفـراز بعض المواد الـكيميائية المتطايرة التي يمكن استخدامها لإيصال معلومة معينة أو لإصدار أمر ما . ولاشك أن مثل هذا النظام لن يتأثر بالظلام الدامس المنتشر في خلايا أو مستعمرات هذه الحشرات .

وقد تمكن العلماء حديثا من إثبات صحة هذا الفرض ، وتبين لهم أن هناك شفرة كيميائية خاصة بكل نوع من أنواع هذه الحشرات ، وقاموا بابتداع بعض التجارب العلمية البسيطة والمعقدة للكشف عن اسرار هذه الشفـرة ، وتمكنـوا في بعض الحـالات من فصـل بعض المركبات الكيميائية المستخدمة في هذا الغرض وتعرفوا عليهـا وعلى تركيبها الكيميائي .

وقد تناولت تجارب هؤلاء العلماء أنواعا متعددة من الحشرات ، ولكنها تركزت بصفة خاصة على مستعمرات النمل ، وذلك بسبب سهولة الحصول على أفراد هذه الحشرات التي تنتشر في كل مكان ، كما انه يسهل متابعة أفراد النمل في حركتها اليومية أثنـاء التجـارب المعملية المختلفة .

وقد استن العلماء في تجاربهم خطة عمل غاية في البساطة ، فقد قاموا أولا بدراسة أنـواع الغـدد التـي توجـد على جسـم شغـالات

النمل ، ثم قاموا بفصل هذه الغدد واحدة بعد الأخرى ، واستخرجوا محتويات كل منها ، ثم بدءوا في دراسة أثر محتويات كل غدة ، على حدة ، على مسلك أفراد الشغالات في مستعمرة النمل .

ويرجع السبب في اختيار أفراد الشغالات لإجراء هذه التجارب عليها ، إلى أنها أكثر أفراد مستعمرة النمل عددا ، كما أن هذه الشغالات هي المسئولة عن القيام بأغلب الأعمال الهامة في المستعمرة ، ولهذا فهي على الاغلب ، أكثر أفراد هذه المستعمرة تلقيا للأوامر ، وأشدها احتياجا للحصول على المعلومات ، للقيام بوظائفها على أكمل وجه .

وتتميز جميع أفراد النمل بأنها مزودة بنظام متطور من الغدد يتوزع على جميع أجزاء جسدها . وحتى عهد قريب كانت أغلب هذه الغدد غير محددة الوظيفة ، ولايعلم أحد عن فائدتها شيئا ، ولكننا الآن نعرف الكثير عن بعض هذه الغدد ، وامكن التعرف على وظيفة البعض منها ، فهي تعتبر مصدرا لعديد من المواد الكيميائية التي تستخدم في عمليات الاتصال وتبادل المعلومات والرسائل بين مختلف أفراد المستعمرة .

وقد أدى التعرف على هذه الغدد ، ومعرفة الأثر المباشر الذي تحدثه محتويات كل منها إلى التوصل لفهم بعض الأسس التي يقوم عليها ذلك النظام الرائع الذي يسود مملكة النمل ويميزها من غيرها من الحشرات .

ومن أهم إفرازات هذه الغدد تلك المادة الكيميائية التي يتركها النمل على الأرض أثناء سيره والتي تستخدم دليلا للشغالات

يساعدها على تحديد اتجاهها أثناء انتقالها من مكان لآخر ولذلك فهي تسمى عادة « مادة الأثر » أو « مواد الأثر » فربما كانت خليطا من المواد الكيميائية ولايعرف شيء عن تركيبها حتى الآن .

لقد تبين أن « مواد الأثر » تستخدم في الحقيقة في عديد من الأغراض في مملكة النمل فهي قد تستخدم في زيادة نشاط الشغالات ودفعها إلى مزيد من العمل ، كما انها قد تستخدم في هداية الشغالات إلى مواقع مناسبة لبناء عش جديد ، ولكن فائدتها الرئيسية الغالبة هي إرشاد مجموعات الشغالات إلى مواقع الغذاء .

وقد أجريت التجارب الخاصة بمواد الأثر على نوع خاص من النمل يعرف باسم « نمل النار » «Fire Ants » ، وتبين من هذه التجارب أن هذه المواد تفرز بواسطة غدة خاصة تتصل بإبرة اللدغ الموجودة بمؤخرة النملة ، وعندما تريد هذه النملة أن تضع مواد الأثر على الأرض فهي تفعل ذلك عادة بان تلمس الأرض بإبرتها الخلفية أثناء سيرها ، وهي تفعل ذلك على فترات متقطعة بحيث تضع كل مرة قدرا ضيئلا من مادة الأثر ، وينتج عن ذلك أن الإفراز الذي تضعه النملة على الأرض لايكون على هيئة خط مستمر ، بل يأخذ هيئة الخط المتقطع ، ويشبه تصرف النملة هذا ما يقوم به قلم التحبير المعروف عندما يرسم مجموعة من الشرط على خط واحد مستقيم .

ولا يعرف السبب الحقيقي في قيام النملة بوضع هذا الخط المتقطع من مادة الأثر بدلا من وضعها على هيئة خط واحد متصل ، ولكن يبدو أن النملة تفعل ذلك كي توفر في كمية المادة المستخدمة من مواد

الأثر ، بل ربما كانت تفعل ذلك حتى لايزيد تركيز هذه المادة على الحد المطلوب .

ولا بد لنا هنا أن نتساءل عن الأسباب التي تؤدي إلى استعمال مواد الأثر ، ومتى تقرر النملة وضع هذا الخط المتقطع ؟

لقد أثبتت الدراسات التي أجريت في هذا المجال أن هذا يحدث عادة عندما تعثر إحدى الشغالات على الغذاء أثناء تجوالها ، فهي عندما تعثر مثلا على حشرة ميتة أو أي شيء آخر يصلح غذاء لأبناء جنسها ، تتناول منه قدرا كافيا ثم تبدأ في العودة إلى مكان تجمع النمل أو إلى المستعمرة كي تخطر بقية الأفراد بوجود وفرة من الغذاء في هذا الموقع الجديد . وحتى لاتضل هذه الشغالة الطريق ، تقوم أثناء عودتها بوضع مادة الأثر على سطح الأرض مبتدئة من موقع الغذاء حتى تصل إلى موقع المستعمرة وبذلك تكون قد رسمت لغيرها دون مجهود ، الطريق الصحيح الذي يجب أن يسلكه كل من يريد الوصول إلى موقع الغذاء .

ويبدو أن الشغالات تنجذب انجذابا شديدا نحو مواد الأثر ، فما أن تحس بوجود هذه المواد على الأرض ، حتى تندفع بصورة تلقائية نحو هذا الخط المتقطع المرسوم بدقة ، والذي يشبه ذلك الخط الأبيض المتقطع الذي تضعه ادارة المرور في منتصف الطريق الصحراوية ، وتبدأ كل منها في السير عليه وتتبعه حتى تصل إلى موقع الغذاء .

ولعل ذلك يفسر لنا تلك الظاهرة التي نلحظها دائما ، فجموع النمل تسير دائما بعضها وراء بعض ، سواء على الأرض أو على الجدران . وهي تفعل ذلك في نظام شديد وكأنها تتبع في سيرها خطا

وهميـا . وفي الحقيقة لم يعد هذا الخط وهميا الآن ، بل أصبح أمرا واقعا ، فإن أفراد النمل تتبع ذلك الخط المتقطع من مادة الأثـر على طول الطريق .

والآن هل يعرف النمل الذي يتبع الطريق الذي تحدده مادة الأثر حقيقة الغرض من رحلته ، أم أنه يفعل ذلك دون وعي وتفكير ؟ .

وللاجابة عن هذا السؤال لابد أن نذكر بعض التجارب التي قام بها المهتمون باستجلاء أسرار هذه الشفرة الكيميائية التي يتخاطب بها النمل ويتبادل بها المعلومات ، والتي تبين منها أن شغـالات النمـل تتبع مواد الأثر دون وعي أو إدراك ، وأن هذا يعتمد أساسا على درجة تركيز هذه المواد على طول الطريق .

لقد قام بعض العلماء بقتل بعض أفراد النمل من الشغالات ، ثم قاموا باستخلاص محتويات الغدة التي تقع بمؤخرة هذه الشغـالات والمسئولة عن إفراز مادة الأثـر ، واستخدمـوا محتـويات هذه الغـدة لإحداث أثر مصطنع على سطح الأرض .

وبمجرد وضع مادة الأثر على سطح الأرض على هيئة خط متقطع ، قامت في الحال مجموعة كبيرة من الشغـالات بتتبـع هذا الأثـر دون تردد ، وحتى في الحالات التي رسم فيها هذا الخط على هيئة دائـرة كبيرة مقفلة ، تبدأ من مستعمرة النمل لتعود اليها مرة أخرى ، كانت الشغالات تتبع هذا الأثر دون وعي أو تفكير ، وتسير في هذه الدائرة لتعود إلى مستعمرتها دون أن تعثر على شيء ذي قيمة ودون أن تعرف لماذا تفعل ذلك ؟ .

وقد لوحظ أن زيادة تركيز مواد الأثـر يؤدي إلى حدوث ظاهـرة

غريبة لاتحدث الا نادرا في مستعمرات النمل ، فعند وضع كمية كبيرة من محتويات الغدة التي تحتوي على مواد الأثر بجوار إحدى مستعمرات النمل ، يحدث في الحال ما يشبه الهجرة الجماعية ، فيتجه قسم كبير من هذه المستعمرة ومعه الملكة أحيانا في اتجاه هذه المحتويات تاركا القسم الآخر من المستعمرة وراءه. ويبدو أن هذه الزيادة الهائلة في تركيز مواد الأثر يعتبرمؤشرا إلى زيادة أعداد سكان المستعمرة عما تستطيع أن تحتويه هذه المستعمرة فتحدث الهجرة الجماعية .

ولايعرف حتى الآن تركيب مواد الأثر ، وان كان من المنتظر أن نعرف ذلك في القريب العاجل بعد تقدم طرق التحليل الكيميائي . وكل ما يعرف عنها الآن أنها مادة طيارة إلى حد ما بمعنى أنها لاتبقى في مكانها طويلا ، بل سريعا ما تتبخر ويضيع أثرها بمرور الوقت ، كما اتضح أنه يلزم وجود تركيز معين من هذه المادة حتى تتمكن الشغالات من الإحساس بها .

وقد بينت التجارب التي أجريت في هذا المجال ، أن تركيز مادة الأثر يبدأ في الاضمحلال فور وضعها على الأرض ، ويضيع هذا الأثر نهائيا بعد مضي دقيقتين تقريبا على بدء وضعها على أي سطح من السطوح .

ويترتب على ذلك أن الشغالات التي تقوم بتتبع هذا الأثر وتنطلق بعيدا عن مستعمرة النمل ، لا تستطيع أن تتبع هذا الأثر الكيميائي المتطاير إلا لمسافة بسيطة تتناسب مع سرعتها ومع الزمن اللازم لتبخر مادة الأثر ، وهي لاتزيد كثيرا على المسافة التي تستطيع النملة أن تقطعها سيرا في دقيقتين ، وهو الزمن اللازم لتبخر مادة الأثر ، ولا

تزيد هذه المسافة في المتوسط على خمسين سنتيمترا .

وقد يبدو من كل ذلك للوهلة الأولى ، أن هذه الخاصية الطيارة لمادة الأثر تمثل عائقا كبيرا بالنسبة لصلاحية هذه المادة ، وذلك لأنها تحدد المسافات التي يمكن فيها للنمل أن يتبادل المعلومات ، ولكن ذلك غير صحيح ، بل على العكس من ذلك ، فإن هذه الخاصية الطيارة التي لمادة الأثر تعتبر من أهم مميزاتها ، وهي تساعد على سهولة عمليات الاتصال داخل المستعمرة إلى حد كبير . فسرعة تطاير مادة الأثر وعدم بقائها على سطح الأرض لفترة طويلة يمنع تداخل الآثار القديمة التي سبق لأفراد النمل أن وضعتها في فترة سابقة ، مع الآثار الجديدة ، وذلك لأن الآثار القديمة تكون قد تبخرت وانتهت منذ زمن طويل .

ولاشك أن هذه ميزة كبرى ، فإنها تؤدي إلى عدم تداخل المعلومات القديمة مع المعلومات الجديدة وتمنع ما يمكن أن يحدث من لبس بالنسبة لأفراد الشغالات التي تخرج وراء الصيد الجديد.

وهناك ميزة أخرى تعود بالنفع على أفراد الشغالات من سرعة تبخر أو تطاير مادة الأثر،فقد اتضح أن أهمية الصيد أو الغذاء الذي يقود إليه هذا الأثر ، تتناسب تناسبا طرديا مع كثافة مادة الأثر التي تضعها الشغالات ، ويعني هذا أنه كلما كان تركيز مادة الأثر عاليا ، كان هذا دليلا على وفرة الصيد أو الغذاء الذي يقود اليه هذا الأثر .

ولابد لنا أن نتساءل كيف تتمكن شغالات النمل من زيادة كثافة مادة الأثر أو التقليل منها ! ويمكن الإجابة على هذا التساؤل إذا تصورنا الوضع التالي : عندما تكتشف إحدى الشغالات مصدرا

للغذاء أثناء تجوالها تقوم أولا باقتطاع جزء من هذا الغذاء لنفسها ، ثم تستدير عائدة الى مستعمرتها لتخبر بقية افراد هذه المستعمرة بهذا الاكتشاف .

وما أن تبدأ النملة في رحلة العودة حتى تأخذ في وضع مادة الأثر على الأرض على هيئة خط متقطع كما سبق أن ذكرنا ، وبذلك يصل هذا الخط بين مصدر الغذاء الذي قد يكون بعض المواد السكرية أو حشرة ميتة ، وبين المستعمرة .

وعندما تشعر الشغالات الأخريات برائحة مادة الأثر ، تندفع جموعها سائرة فوق هذا الأثر في اتجاه مصدر الغذاء . وقد لوحظ أن الحشرة التي تحصل على كفايتها من الغذاء ، تستدير قافلة في اتجاه المستعمرة ، وهي عندما تفعل ذلك ، تضيف من غدتها الخلفية إلى مادة الأثر الأصلية أثناء رحلة العودة . أما الحشرة التي لا تستطيع أن تحصل على الغذاء أو لا تجد هناك ما تأكله ، فتعود الى مستعمرتها دون أن تضيف شيئا إلى مادة الأثر الأصلية .

ويترتب على ذلك أنه كلما كان الغذاء وفيرا عند نهاية خط الأثر ، كلما استطاعت الشغالات أن تحصل على نصيب منه لنفسها ، ويزداد بذلك عدد الشغالات التي تحصل على كفايتها من الغذاء ويرتفع بالتالي تركيز مادة الأثر بما تضيفه كل من هذه الشغالات أثناء عودتها إلى المستعمرة مما يشجع غيرها على الذهاب إلى مصدر الغذاء قبل أن ينفذ .

ومن البديهي أنه عندما يقارب الغذاء على النفاد ، نجد أن عدد

الشغالات التي لا تستطيع الحصول على نصيب منه يزداد بمرور الوقت ، وعلى ذلك فإن مثل هذه الشغالات تعود إلى المستعمرة دون أن تضيف شيئا إلى مادة الأثر ، فتبدأ كثافة مادة الأثر في التناقص تدريجيا مع تناقص كمية الغذاء ، ويتناقص تبعا لذلك أعداد الشغالات التي تذهب إلى موقع الغذاء حتى تتبخر مادة الأثر نهائيا بمرور الوقت ويمتنع إقبال الشغالات على القيام بهذه الرحلة .

ويمكننا تشبيه الوضع السابق ببعض الطرق التي توجد في الريف والتي تعرف باسم « المدق » ، فإذا وجدت قرية أو سوق في نهاية أحد هذه « المدقات » ازدادت الحركة عليه وصارت أرضه ممهدة . أما إذا نقل السوق من نهاية هذا المدق فإن الحركة فوقه تتوقف ، ويمتنع السير عليه فيصبح مهملا وتغطيه الحشائش والأعشاب تدريجيا حتى يختفي تماما في نهاية الأمر .

ويمكننا أن نستخلص مما سبق أننا إذا رأينا صفا من النمل يسير على الأرض أو فوق سطح جدار في انتظام ، لكان معنى ذلك أن هذا النمل يسير فعلا في طريق معلوم مرسوم لانراه نحن ، ولكن النمل يحس به ويدركه بطريقته الخاصة ، كذلك اذا لاحظنا أن عددا كبيرا من افراد النمل يتتبع هذا المسار ، لكان معنى ذلك أن هناك غذاء وفيرا في نهاية هذا المسار ، بينما اذا وجدنا أن عددا قليلا من النمل يتحرك فوق هذا المسار ، فان هذا يعني أن النمل إما أن يكون مازال في بدء رحلة الاستكشاف وإما أن يكون قد أقبل على نهاية هذه الرحلة .

وقد بينت التجارب التي أجريت في هذا المجال أن مادة الأثر

تتوزع بطريقة متكافئة على طول خط الأثر ، أي أن تركيزها يكون متساويا على طول المسار ، فهي لاتكون مركزة في جزء منه ومخففة في جزء آخـر ، بل يكون توزيعهـا ثابتـا على طول الطريق .

ولو أننا استطعنا أن نرى المادة الكيميائية التي تحدد الأثر لرأينا خطا متقطعا منتظما يتكون من عدة شرط متتابعة ، ولرأينـا ان جميع هذه الشرط متساوية في الطول وفي السمك على طول المسار. ولا شك أن هذا التوزيع المتكافىء لمادة الأثر على طول المسار يخدم غرضا رئيسيا وهاما ، فهو يساعد على اندفاع شغالات النمل نحو الهدف دون تردد وبسرعة ثابتة، وذلك لأن رائحة مادة الأثر تكون دائما ثابتة التركيز أمام هذه الشغالات ، وهي تشدها الى الأمام بنفس القدر مما يجعلها تسير على هذا الخط في انتظام حتى تصل الى نهايته .

وقد اتضح كذلك أن الأثر الفعال لمادة الأثر يتركز فوق خط المسار فقط ، وأن هذا التركيز يقل كثيرا بل يقل فجأة اذا خرجنا عن هذا الخط . ويمكن فهم ذلك لو تصورنا أننا نضع خطا بقلم من الحبر على ورقة من أوراق الصحف فسنرى على الفور أن هذا الخط لن يكون محددا وذلك لأن ورق الصحف يتشرب الحبر بسهولة ، ولذلك يبدأ الحبر في الانتشار خلال الورق ، ويتحول هذا الخط الرفيع بعد فترة إلى خط سميك غير محدد المعالم . أما إذا رسمنا هذا الخط بنفس قلم الحبر على ورق من النوع الجيد المصقول ، فإن الحبر لن ينتشر خلال نسيج هذا الورق ، وسيبقى هذا الخط واضحا محدد المعالم لأن تركيز الحبر فيه يكون متكافئا على طول امتداده .

وتشبه مادة الأثر خط الحبر الرفيع المرسوم على الورق الجيد المصقول

كما في المثال الأخير، ويعني هذا أن مادة الأثر لا تنتشر في الفراغ المحيط بالمسار ، بل تبقى مركزة في هذا الخط على الدوام حتى يتم تبخرها بعد ذلك بمرور الوقت .

ولا شك أن هذه الخاصية تضمن توحيد الاتجاه الذي تسير فيه شغالات النمل والا لخرج الكثير منها عن هذا الخط ولانتشر في كل اتجاه ، ولفقدت مستعمرة النمل ما تتميز به من انضباط ونظام .

ولا تتشابه مواد الأثر التي تستخدمها أنواع النمل المختلفة ، بل يبدو أن كل نوع من أنواع النمل له مواده الكيميائية الخاصة به . وقد أثبتت التجارب صحة هذه القاعدة إلى حد كبير ، فقد لوحظ أن مواد الأثر المستخرجة من غدد جنس ما من النمل لا تؤثر في أفراد جنس آخر بل يبدو أن كل جنس من النمل له لغته الخاصة ومصطلحاته التي يتعامل بها . ولهذا لا يحدث خلط ما أو حتى اضطراب من أي نوع عندما يتقاطع خطا أثر لنوعين أو أكثر من أنواع النمل المختلفة ، بل نجد أن كل فريق منها يستمر في تتبع مساره الخاص دون أن يلقى بالا أو حتى يشعر بمسار الفريق الآخر .

ويشبه هذا ما قد يحدث عندما يتقابل فردان يتكلم كل منهما بلغته الخاصة ولا يفهم لغة الآخر . ولكن الفرق هنا كبير ، فإن الإنسان يستطيع أن يتعلم أكثر من لغة ، فهل تستطيع شغالات النمل أو أفراد الحشرات تعلم لغة بعضها الآخر ؟

نشك في ذلك كثيرا ، فإن استقبال الحشرات لهذه المواد الكيميائية يتم بطريقة محددة وفي مراكز خاصة كما سنرى فيما بعد عند مناقشة

الطريقة التي تشم بها الكائنات الحية روائح ما حولها من موجودات . . وهذا في تقديرنا ، لن يسمح بحدوث التأقلم المطلوب أو يسمح بهذا النوع من التعليم .

ولا يقف استخدام مواد الأثر على مملكة النمل فقط ، بل هناك أنواع أخرى من الحشرات تقوم باستخدام بعض المواد المشابهة ، ولكنها لم تدرس بعد بدرجة كافية كما درست مواد الأثر في حالة النمل .



-٢-

مـواد الإنـذار

لاتعتبر مواد الأثر هي المواد الكيميائية الوحيدة التـي يستخدمهـا النمل في عمليات الاتصال بين أفراده ، بل هناك عدد آخر من هذه المواد تستخدمها الشغالات لتنظيم العمل داخل مملكة النمل الفائقة التنظيم .

وقد ساعد اكتشاف مواد الأثر على دفع بعض العلماء للبحث عن مثل هذه المواد الكيميائية التي تؤ دي غرضا معينا وتقوم بدور فعال في حياة مستعمرة النمل ، وانتهت هذه البحـوث إلى اكتشـاف بعض المواد الـكيميائية الأخـرى التـي تستخـدم في تبـادل بعض الأخبـار والمعلومات بين أفراد الشغالات مثل مواد الانذار بالخطر أو الإنذار بالوفاة .

ولو أننا كنا من هواة مراقبة النمل في حياته اليومية العادية لوجدنا أن مستعمرة النمـل الصغـيرة تمـوج بالحـركة والنشـاط ، ولوجدنـا الشغالات دائبات الحركة رائحات غاديات في كل اتجاه . ولو أننا قمنا بإحدى التجارب البسيطة ، وأحضرنا قضيبا زجاجيا نظيفا ، ثم لمسنا به ظهر إحدى هذه الشغالات لوجدنا أن هذه الشغالـة ستقفـز في الحال وتتملكها حالة من الفزع والاضطراب تجعلهـا تندفـع في كل اتجاه . وربما كان هذا الاضطراب الذي تعانيه هذه النملة التي نحن بصددها هو رد فعل طبيعي لخوفها من لمسـة القضيب الزجاجـي ،

ولكن الشيء المدهش أنه ، في خلال أجزاء من الثانية ، ينتقل هذا الفزع والاضطراب من هذه النملة إلى بقية افراد النمل المحيطة بها ، ويبدأ الجميع في التدافع والقفز في كل اتجاه دون هدف واضح .

ولو أننا مضينا في مراقبة هذه المستعمرة الصغيرة للاحظنا أن هذا الاضطراب كان محليا إلى حد كبير ، وأن موجة الفزع والقفز والتدافع إنما حدثت في قطاع صغير من هذه المستعمرة ، وكانت على التحديد في القطاع المحيط بالنملة التي لمسنا ظهرها فقط ، بينما بقيت جميع أنحاء المستعمرة الأخرى على حالها دون أن تحس من ذلك شيئا . كذلك سنلاحظ أن هذا الاضطراب والفزع المحلي لن يبقى أكثر من دقيقة واحدة ، وسرعان ما يعود الهدوء إلى هذا القطاع وتنتهي حالة الفزع والتدافع التي حدثت وتعود حركة النمل الى حالتها العادية التي كانت عليها .

وتثير هذه التجربة عدة تساؤلات ، أولها يتعلق بالكيفية التي انتقل بها الإحساس بالخطر من النملة التي لمسناها إلى بقية النمل المحيط بها ، وثانيهما يتعلق بالسبب في عدم اتساع دائرة الإحساس بالخطر ليشمل المستعمرة كلها ، بينما ينصب ثالث هذه التساؤلات على الطريقة التي يعود بها الهدوء الى النمل الذي أحس بالخطر ، وعلى الكيفية التي يفهم بها النمل أن الخطر قد زال !

وقد تصور بعض العلماء أن عملية الانذار بالخطر تنتقل من نملة الى أخرى عن طريق اللمس ، بمعنى أن النملة التي لمسنا ظهرها

يصيبها الاضطراب فتندفع في طريقها لتصطدم بالنملة المجاورة لها التي تندفع هي الأخرى لتصطدم بغيرها ، وتتكرر هذه الحالة مرات ومرات فيسري الاضطراب في مجموعة النمل المحيطة بالنملة الأصلية . كذلك اقترح علماء آخرون أن عملية انتقال الإنذار بالخطر تحدث عن طريق حركة قرون الاستشعار ، فتقوم النملة التي تشعر بالخطر بالدق بقرون استشعارها بطريقة معينة على ظهور أفراد النمل المحيطة بها ثم تتكرر هذه الحالة من نملة إلى أخرى .

ولاتفي هذه الفروض بالرد على التساؤلات السابقة ، فانتقال الإنذار عن طريق اللمس أو عن طريق الدق بقرون الاستشعار عملية آلية.ومن المفروض أن كل نملة ستقوم بنقل هذا الإنذار إلى ما حولها ، ويترتب على ذلك أن الإنذار بالخطر سينتقل بسرعة من نملة إلى أخرى حتى يشمل المستعمرة كلها ، وهو ما يتنافى مع ملاحظاتنا السابقة من أن الإنذار بالخطر في حقيقة الأمر لايتعدى دائرة ضيقة ، ويبقى محصورا دائما في القطاع الصغير المحيط بالنملة التي شعرت بالخطر .

ولايصلح لتفسير هذه الظاهرة إلا أن نفترض أن النملة المضطربة أو الخائفة عندما تشعر بالخطر تقوم بإفراز مادة كيميائية من نوع خاص تنتشر في القطاع المحيط بها وتعطي الإنذار بالخطر لجميع أفراد النمل الموجودة بهذا القطاع . وقد أثبتت التجارب صحة هذا الفرض ، وأن النملة التي تشعر بالخطر أو يصيبها الانزعاج من مؤثر خارجي ، تقوم بإفراز مادة كيميائية خاصة من إحدى الغدد الموجودة بجسمها ،

وهي غدة أخرى خلاف الغدة التي تفرز مادة الأثر .

وقد تمكن العلماء من معرفة بعض مواد الإنذار التي يستخدمها النمل وتبين أنها مواد بسيطة التركيب وذات وزن جزيئي صغير ، ومن أمثلتها السترال ، والسترونيلال ، والهبتانون ، والدندرولاسين .

$$CH_3.\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}=CH.CH_2.CH_2.\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}=.CH.CHO$$

Citral ستral

$$CH_3.\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}=CH.CH_2.CH_2.\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}.CH_2.CHO$$

Citronellal سترونيلال

$$CH_3.CH_2.CH_2.CH_2.CH_2.\overset{\overset{O}{\|}}{C}.CH_3$$

Heptanone –2 هبتانون ـ ٢

$$\text{(furan ring)}-CH_2.CH_2-CH=\underset{CH_3}{C}-CH_2.CH_2-CH=\underset{CH_3}{\overset{}{C}}-CH_3$$

دندرولاسين

ومن الغريب أن هذه المواد أو المركبات الكيميائية لا أثر لها على الانسان ، ولاتثير فيه شيئا على الإطلاق ، وهي تعتبر بالنسبة له مواد ذات رائحة زكية ولاشيء أكثر من ذلك ، بينما تحدث نفس هذه المركبات موجة من الهياج والذعر الهائل بين جموع النمل ، بل هي تدفع مستعمرة من النمل إلى القيام بأعمال مذهلة في منتهى القسوة والعنف . ولعل هذا المثال يبين لنا الفرق الهائل بين إحساس الإنسان بما يحيط به ، وبين شعور الحيوانات المختلفة بالعالم المحيط بها ، ولعلنا لانخطىء كثيرا إذا قلنا أن كلا منهما يعيش في عالمه الخاص .

وكما في حالة المواد الكيميائية المستخدمة في إحداث الأثر ، فإن هذه المواد المستخدمة في الإنذار بالخطر تقوم بدورها بكفاءة عالية . وربما ساعدتنا التجربة التالية على إدراك مدى الكفاءة الفائقة التي تعمل بها مواد الإنذار : لو أننا أفرغنا محتويات غدة الفكين في شغالات النمل ، وهي الغدد التي تحتوي على مواد الإنذار ، في مكان منعزل خال من التيارات الهوائية ، لوجدنا أن مادة الإنذار بالخطر الطيارة تبدأ في الانتشار تدريجيا في الهواء الساكن لتشغل كرة في الهواء يبلغ قطرها حوالي ستة سنتيمترات في خلال مدة زمنية قصيرة لاتزيد على ثلاث عشرة ثانية ، ولكن هذه الكرة من البخار لاتبقى طويلا ، فهي تبدأ في الانكماش تدريجياً حتى تتلاشى نهائياً في مدة لاتزيد على خمس وثلاثين ثانية على الأكثر .

ويتضح من ذلك أن فترة الإنذار قصيرة جداً ، وهي في أفضل الظروف ، أي في الهواء الساكن ، لاتزيد بأي حال من الأحوال عن

نصف دقيقة ، كما أن مداها قصير جداً ، فإن أثرها لايصل إلا للشغالات التي توجد على بعد ثلاثة سنتيمترات على الأكثر من مركز الإنذار .

وإذا درسنا الطريقة التي تنتشر بها هذه المواد لتبين لنا أن مادة الإنذار تتكون في الحقيقة من مادتين تشتركان معا في تكوين كرة البخار السابقة الذكر . وإحدى هاتين المادتين عبارة عن مادة سريعة التطاير ، وهي تكون الطبقة الخارجية لكرة الانتشار ، وتوجد عادة بتركيز منخفض نسبياً . أما المادة الثانية منهما فهي مادة الإنذار الحقيقية وتوجد وسط كرة الانتشار . وعلى ذلك فإن محتويات هذه الغدد عندما تبدأ في التبخر تعطي كرتين متداخلتين من البخار ، بحيث تكون إحداهما داخل الأخرى ، وتتكون الكرة الخارجية من المادة المتطايرة التي يبدو أن مهمتها الأساسية اجتذاب أفراد النمل إلى منطقة الاضطراب ، بينما تتكون الكرة الداخلية من مادة الانذار الحقيقية التي تحدث الأثر المطلوب .

ويتلاشى أثر المادة المسببة للإنذار بعد فترة قصيرة من إطلاقها لاتزيد على ثماني ثوان أو أكثر قليلاً على حين يتلاشى تأثير المادة الجاذبة للنمل والتي تكون السطح الخارجي لكرة الانتشار بعد نصف دقيقة على الأكثر . وتعد هذه الخصائص العجيبة لمواد الإنذار إحدى المميزات الهامة التي تساعد أفراد النمل على تنظيم حياتها العادية ، وذلك لأن مستعمرة النمل تتعرض يومياً لكثير من عوامل الإزعاج ، ولو أن كرات الإنذار السابقة الذكر التي تطلقها أفراد الشغالات إذا

صادفت ما يقلقها أو يخيفها كانت ذوات أقطار أكبر ، أو كانت لها القدرة على البقاء في الجو مدة أطول ، لعاشت مثل هذه المستعمرة في حالة دائمة من الذعر والاضطراب وعدم الاستقرار دون أن تكون هناك حاجة فعلية لذلك .

ونظراً لأن مواد الإنذار محلية التأثير ، فان مثل هذا الاضطراب الجماعي لأفراد المستعمرة لايحدث أبداً ، بل يبقى الإنذار محلياً ولايغطي إلا المنطقة التي حدث بها ولايستمر إلا لبضع ثوان فقط . ولنضرب لذلك المثال التالي : عندما تدخل إحدى الحشرات الغريبة أو المعادية في قطاع ما من مستعمرة النمل ، فإن مادة الانذار التي تطلقها الشغالات التي تقابل هذه الحشرة لاتنتشر إلا في القطاع المحيط بهذه الحشرة فقط ، وبهذا لن يشعر بمادة الإنذار إلا الشغالات المحيطة بهذا القطاع ، فتهب لنجدة زميلاتها وتقوم على الفور بمهاجمة الحشرة الدخيلة والقضاء عليها في بضع ثوان يكون قد ضاع خلالها أثر مادة الإنذار ، فيعود الهدوء إلى هذا القطاع وكأن شيئا لم يكن ، دون أن تشعر بقية المستعمرة بالمعركة التي دارت في هذا القطاع ، وتستمر أفراد المستعمرة في حياتها الطبيعية .

ويمكننا القول بأن مواد الأثر أو مواد الإنذار لاتزيد عن كونها إحدى مفردات لغة الكيمياء التي تتخاطب بها أفراد النمل وتتبادل المعلومات عن طريقها ، وهناك كثير من الشواهد التي تدل على أن جموع النمل تستخدم بعض الإفرازات الكيميائية الأخرى في اغراض مشابهة ، مثل الدعوة الى تجمع سكان المستعمرة في مكان ما ، أو

الدعوة الى تناول الغذاء ، أو العناية بالملكة ، أو الاهتمام بصغار النمل غير الكاملة النمو الى غير ذلك من الأعمال الأساسية التي يقوم بها النمل في حياته العادية .

ولاتقتصر عملية الإنذار على وجود خطر ما أو حشرة دخيلة ، بل قد يكون هذا الانذار دالا على حدوث حالة وفاة في المستعمرة ، فحتى النمل الميت يطلق إنذاراً خاصاً بعد موته ، وكأنه ينبه من بقى على الحياة من أفراد المستعمرة إلى أنه قد مات ، ويدعوها إلى الإسراع في التخلص من جثته وإلقائها خارج المستعمرة .

ومن المدهش أن شغالات النمل ليس لديها مايكفي من الإدراك للتفرقة بين الحي والميت ، فلو أن نملة ماتت داخل المستعمرة لما عرفت الشغالات ذلك أبداً ، ولما توقفت هذه الشغالات عن العناية بهذه النملة الميتة ، بل تستمر في تقديم الخدمات الروتينية لها لمدة ما وكأنها مازالت حية تسعى . وحتى المظاهر المصاحبة للموت مثل سكون النملة الميتة في مكانها وانقطاعها عن الحركة أو التواء جسدها في وضع الموت لايلفت نظر هذه الشغالات ولايسترعي انتباهها ، ولايؤثر في تصرفاتها على الإطلاق .

وقد لاحظ العلماء الذين انشغلوا بمراقبة سلوك النمل أن مثل هذه الشغالات قد تنخدع فترة ما ولاتعرف أن النملة المذكورة قد فارقت الحياة ، وقد يستمر ذلك يوما أو يومين ولكننا نجد في نهاية هذه المدة تحولاً ظاهراً في سلوك الشغالات تجاه هذه النملة الميتة ، فيجتمع عدد

من هذه الشغالات حول جسد النملة الميتة ثم تقوم بحملها الى خارج المستعمرة في موكب يشبه الموكب الجنائزي ، وينتهي الأمر بالقائها في المكان المخصص لوضع مخلفات المستعمرة .

وقد حار العلماء في تفسير هذه الظاهرة ، فما الذي دفع الشغالات فجأة لاتخاذ مثل هذا القرار الجماعي بإلقاء جسد النملة الميتة خارج المستعمرة ؟ ولماذا جاء هذا القرار متأخرا ؟ أي بعد يوم أو يومين من موت النملة ! لابد أن هناك تعليمات محددة أو أوامر خاصة قد صدرت إلى هذه الشغالات دفعتها للقيام بهذا العمل ، فكيف صدرت هذه الأوامر ؟

لقد تبين فيما بعد أن عملية التحلل الكيميائي لجسد النملة الميتة لا تبدأ إلا بعد انقضاء يوم أو يومين من وفاة هذه النملة ، وأن عملية التحلل هذه هي التي تؤثر في الشغالات بطريقة ما وتنبهها إلى وفاة النملة وتدفعها إلى التخلص منها . وباستخدام طرق التحليل الكيميائي الحديثة اتضح أن عملية التحلل الطبيعية لجسد النملة الميتة ، تؤدي الى تكوين بعض الأحماض الدهنية الطويلة السلسلة واستراتها ، وأن هذه الاسترات هي التي تجذب الشغالات وتدفعها إلى إلقاء النملة الميتة خارج المستعمرة . وقد تم اثبات ذلك ببعض التجارب العلمية البسيطة ، وعلى الرغم من أن أغلب التجارب العلمية تكون عادة جافة وجامدة ، إلا أن هذه التجارب كان لها جانبها الفكه ، بالإضافة الى جوانبها العلمية الهامة .

فقد قام بعض الباحثين بفصل هذه المواد التي تنتج عن تحلل أجساد النمل الميت ، ودهنوا جسد إحدى الشغالات السليمة بكمية قليلة منها ، ثم وضعوا هذه الشغالة في وسط مستعمرة النمل . ولم يمض على ذلك بضع ثوان حتى اجتمع حول هذه النملة عدد من الشغالات العادية ، وأمسكت الشغالات بهذه النملة المسكينة وقامت بحملها في موكب جنائزي مهيب لتلقى بها فوق تل المخلفات خارج المستعمرة رغم أنها حية مائة في المائة . والجانب الفكه في هذه التجربة أن هذه النملة المسكينة التي ألقيت عنوة خارج المستعمرة ، لا تفهم ما حدث لها فتعود مرة أخرى ، وبصورة تلقائية ، إلى داخل المستعمرة .وهي تفعل ذلك دون تردد وكأن شيئا لم يحدث ، ولكن الشغالات المجتهدات تشم رائحتها وتتعرف عليها ، ولا تتركها أبدا ، بل تجتمع حولها مرة اخرى وتقوم بحملها في نفس الموكب الجنائزي المهيب السابق لإلقائها خارج المستعمرة .

والعجيب في الأمر أن هذه العملية قد تتكرر مرات ومرات ، فالنملة الحية السيئة الحظ تصر على العودة إلى المستعمرة ، والشغالات الصبورات لا تتردد في حملها وإلقائها في الخارج في كل مرة تعود فيها ، ويستمر ذلك دون كلل حتى تتطاير رائحة الموت من جسد النملة المسكينة فتعودهذه المرة إلى المستعمرة دون أن تلقى أي مقاومة ، ولا تقترب منها الشغالات الأخرى بعد ذلك أبدا ، وكأنها لا تعرفها ولم ترها قبل ذلك ، وتعود الأمور الى طبيعتها وكأن شيئا لم يحدث ! وقد دلت هذه التجربة على أن رائحة هذه المواد الكيميائية

هي الشيء الوحيد الدال على حدوث الوفاة بالنسبة للشغالات حتى أننا يمكننا أن نصف رائحة هذه المواد بأنها رائحة الموت ، وهي أول مرة نعرف فيها أن للموت رائحة .

ومما يؤكد صدق هذه التجربة ، ويدل دلالة قاطعة على صحة هذا الاستنتاج ، تلك التجربة الفريدة التي قام بها أحد العلماء الأذكياء حين وضع شظية من الخشب سبق غمسها في بعض هذه المواد ، وسط مستعمرة النمل ، فقد تبين له أن الشغالات النشيطات قد قامت في الحال بالالتفاف حول هذه الشظية الخشبية وحملتها في موكب مهيب لإلقائها خارج المستعمرة . وقد دلت هذه التجربة دلالة قاطعة على أن الشغالات تتصرف بطريقة تلقائية محضة دون تفكير أو تدبير ، فهي عندما تشم رائحة الموت ، لا تلقى بالا إلى الجسد الذي تحمله ، بل هي لا تفرق بين النملة الحية والنملة الميتة أو شظية الخشب ، ويبدو أنها لا تهتم بهذه المسألة على الإطلاق ، ولكنها بمجرد أن تستقبل بخار هذه المواد ، تعتبر ذلك أمرا صادرا وتقوم بتنفيذه في الحال .

ولا يعرف الكثير عن الطريقة التي تعمل بها مثل هذه المواد التي تعطي الإنذار بالخطر أو تدل على الوفاة أو تهدي الى الأثر ومكان الغذاء ، ولكن هناك شواهد على أن شغالات النمل تستقبل هذه المواد بقرون استشعارها في تجاويف خاصة ، كما سنرى فيما بعد عندما نتكلم عن نظرية الشم أو الإحساس بالروائح .

ولا تعتبر هذه المواد هي المواد الكيميائية الوحيدة التي يستخدمها النمل ، ولكن من المعتقد أن هناك ما يقرب من عشرة مركبات كيميائية أخرى يستخدمها النمل لتنظيم جميع الأعمال الأساسية والهامة في مستعمرته.وهي تكفي إما وحدها وإما على هيئة مخاليطها للقيام بهذا الغرض.ويعني هذا أن إفراز كل مادة على حدة قد يعني تكليفا أو أمرا محددا لافراد الخلية كما أن مخاليطها بمختلف النسب يمكن أن تحمل أوامر أو تعليمات أخرى لسكان المستعمرة .

ولا يقتصر استعمال هذه اللغة الكيميائية أو القاموس الكيميائي على مملكة النمل فقط ، ولكنه يتعداها الى كثير من أنواع مملكة الحيوان الأخرى ، فقد بينت البحوث الحديثة أن أفراد خلية النحل تستعمل هي الأخرى لغة الكيمياء لتبادل المعلومات وتنظيم شئون الخلية . وقد كان من المعروف حتى وقت قريب أن النحل يعتمد على الحركات والاشارات في تبادل المعلومات فتقوم النحلة مثلا بتقديم رقصة خاصة للدلالة على أماكن تجمع الرحيق ، كما تقدم رقصة أخرى للإشارة إلى موقع الخلايا الجديدة ، ولم يكن يعرف عن النحل استخدامه للغة الكيمياء في مثل هذه الأغراض .

ومع ذلك فقد بينت المراقبة المستمرة لخلايا النحل أن هناك بعض الحالات الخاصة التي تستعمل فيها لغة الكيمياء داخل الخلية ، ومثال ذلك المادة الكيميائية التي تفرزها ملكة النحل لتنظيم دورة التكاثر في الخلية ، وهي تفرز هذه المادة من غددها الفكية . وعندما

تتناول شغالات النحل هذه المادة تتوقف على الفور عملية نمو المبايض في جسدها ، كما تفقد كذلك قدرتها على بناء الخلايا الملكية التي تتربى فيها ملكات النحل ، مما يساعد الملكة على احكام سيطرتها على خليتها . وقد أمكن فصل هذه المادة الكيمياثية التي تفرزها ملكة النحل كما أمكن معرفة تركيبها الكيميائي ، واتضح أنها عبارة عن مركب عضوي بسيط من فصيلة الأحماض الكيتونية ويمكن أن نرمز له بالصيغة الكيمياثية التالية :

$$CH_3.CO(CH_2)_5.CH = CH.COOH$$

كذلك تبين أن ملكة النحل قد تقوم باستخدام هذه المادة في أغراض أخرى ، فهي تستخدمها أحيانا أثناء طيران العرس لاجتذاب الذكور نحوها.وليست هذه المادة هي المادة الوحيدة التي يستخدمها النحل في تنظيم شئونه ، فقد تبين أن هنا ك مواد أخرى تستخدم في شتى الأغراض ، ومن أمثلتها مادة « الجرانيول » التي تطلقها شغالات النحل ضمن إفرازات غددها البطنية عند عثورها على مصدر جديد للطعام .

$$CH_3.\overset{\overset{CH_3}{|}}{C} = CH.CH_2.CH_2.\overset{\overset{CH_3}{|}}{C} = CH.CH_2.OH$$

Geraniol جرانيول

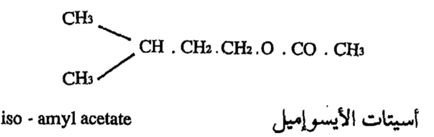
وعندما تنطلق هذه المادة من غدد الشغالات تنتشر في الهواء المحيط بالخلية فتقوم باجتذاب عدد كبير من الشغالات الأخرى نحو مصدر هذا الطعام ، وبذلك تعتبر هذه المادة مكملة لرقصة النحل

المشهورة الدالة على مصدر الرحيق . ومن الطريف أن مادة « الجرانيول » تنتمي إلى مجموعة الكحولات العضوية التي توجد طبيعيا ضمن مكونات الزيوت الطيارة لكثير من الزهور ، وهي توجد مثلا ضمن مكونات زيت الورد وهي تتصف برائحتها الزكية ، التي تماثل رائحة الورود والزهور . وبذلك فإن النحلة التي تعثر على الرحيق عندما تطلق هذه الرائحة الزكية أمام أفراد الخلية الآخرين . فكأنها تقول لهم هذه عينة من الرحيق الذي عثرت عليه !!

وهناك بعض المواد الاخرى التي تستخدم في دفع العدوان ومقاومة الدخلاء ، فقد لوحظ أنه عند تدخل أحد الغرباء في مملكة النحل تقوم بعض الشغالات القريبة بالتصدي لهذا الدخيل في الحال ، وتبدأ في مهاجمته ولدغه بعنف حتى يموت . ولاشك أن هذا إجراء دفاعي طبيعي ، ولكن الشيء المدهش أن مئات الشغالات الأخرى تأتي مندفعة من كل حدب وصوب ، وتقوم بمهاجمة هذا الدخيل بمنتهى العنف ، وهي تستمر في لدغه بنفس العنف والقوة لمدة ما ، حتى ولو كان العدو قد مات من أول لدغة . هذه الحقيقة يعرفها كل المهتمين بتربية خلايا النحل ، فما أن تبدأ نحلة في لدغ صاحب الخلية حتى تندفع نحوه مئات من أفراد الخلية الآخرين للاشتراك في لدغه بكل عنف وقسوة ، فما السبب في ذلك ؟ وما هي الرسالة التي يتلقاها أفراد النحل الآخرون ؟

لقد اتضح أن الشغالات الأولى التي تقوم بمهاجمة الدخيل إنما

تفعل أمرين في وقت واحد ، فهي تضع السم في جسد الدخيل عند لدغه كي تقتله ، كما تضع في جسده كذلك قدرا ضئيلا جدا من إفراز خاص له قدرة هائلة على اجتذاب مئات من الشغالات . وتتلخص مهمة هذا الافراز الأخير بإحداث حالة من الهياج بين الشغالات التي تحس به ، ودفعها لمداومة اللدغ في المكان الذي وضع فيه هذا الإفراز ، وبذلك تستمر عملية اللدغ في جسد الدخيل الميت حتى تتلاشى أبخرة هذا الإفراز . ويمثل هذا الإفراز طلبا للنجدة عند جموع النحل ، فهي عندما تضعه في جسد الدخيل إنما تستنجد بغيرها للقضاء على هذا الدخيل ، ولاشك أن هذا يمثل أكبر ضمان يمكن أن يتخذه النحل للقضاء على الدخلاء بصورة جماعية منظمة وللحفاظ على كيان خليته . وقد تم فصل هذا الافراز من غدد شغالات النحل ، واتضح عند تحليله أنه مركب عضوي بسيط التركيب من مجموعة الاسترات العضوية ويعرف باسم اسيتات الأيسوإميل .



$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH\,.\,CH_2\,.\,CH_2\,.\,O\,.\,CO\,.\,CH_3$$

iso - amyl acetate أسيتات الأيسوإميل

وتشبه رائحة هذا المركب رائحة الموز في أنف الإنسان ، ولاتوجد لدينا وسيلة بطبيعة الحال ، لمعرفة رائحة هذا المركب عند النحل . ولكننا عندما نقوم بتحضيره في المعمل ، ثم نضع قطرة صغيرة منه على

قاعدة النافذة ، نجد أنها تجتذب مئات من شغالات النحل من كل مكان . ومن المدهش أن أبخرة هذه المادة تسبب ارتفاعا هائلا في ضغط الدم عند الإنسان ، وربما كان أثرها على أفراد النحل مختلفا تمام الاختلاف ، ولكن الشيء المؤكد أن أبخرة هذه المادة تستطيع أن تستفز جموع النحل وتدفعها للقيام بأعمال غاية في العنف والقسوة .

ومن المعتقد الآن أن الإفراز الذي يفرزه النحل لهذا الغرض لا يحتوي على هذه المادة فقط ، بل يحتوي كذلك على مادة أخرى من مواد الإنذار ، وأن هاتين المادتين يعملان معا لاجتذاب شغالات النحل ودفعها إلى القيام بعملية اللدغ المستمر .



ـ٣ـ

جاذبات الجنس

تعتبر جاذبات الجنس من أهم المواد الكيميائية التي يستخدمها أفراد مملكة الحيوان . ومن المعروف أن مثل هذه المواد تفرزها بعض إناث الحشرات لاستمالة الذكور ، وهذه المواد نوعية التأثير وتؤثر على الجهاز العصبي المركزي فقط .

وقد تمكن العلماء من فصل مجموعة من هذه المركبات واستطاعوا معرفة تركيبها الكيميائي وتبين أن أغلبها بسيط التركيب ، فمنها ما يتركب من سلاسل منبسطة مثل ذلك الحمض الكيتوني الذي تقدم ذكره والذي تفرزه ملكة النحل لاجتذاب الذكور أثناء طيران العرس ، أو مثل المادة المعروفة باسم « البومبيكول » التي تفرزها فراشة دودة الحرير silkworm moth أو مادة « الجيبلور » التي تفرزها فراشة الجيبسي « Gypsy moth » .

$$CH_3(CH_2)_2.CH=CH.CH=CH(CH_2)_9OH$$

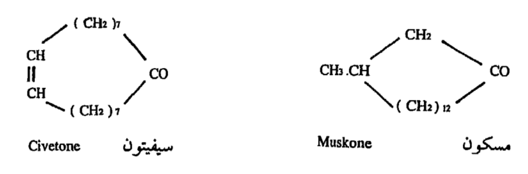
Bombykol بومبيكول

$$CH_3(CH_2)_5.CH.CH_2.CH=CH(CH_2)_6OH$$

OC OCH_3

Gyplure جيبلور

كما أن بعض هذه المواد قد يكون حلقي التركيب ولكنها ما تزال صغيرة الحجم بسيطة التركيب مثل مادة « السيفيتون » أو « المسكون » التي يقوم غزال المسك بإفرازها أو مثل مركب « ٢ : ٢ - ثنائي مثيل - ٣ ايسوبروبيليدين سيكلوبروبيل بروبيونات » الذي تفرزه أنثى الصرصور الأمريكي لاجتذاب الذكور .



وجدير بالذكر أن اثنين من هذه المركبات وهما « المسكون » و « السيفيتون » كانا معروفين منذ زمن طويل على أنهما من الروائح المميزة لبعض الحيوانات الثديية مثل غزال المسك ، وكان يظن أنها تؤدي وظيفة جنسية لدى هذه الحيوانات ، أو على الأقل تلعب دورا ما في عمليات الاتصال بين ذكور هذه الحيوانات وإناثها وإن لم يعرف ذلك الدور على وجه التحديد .

ويرجع الاهتمام بالمواد الجاذبة للجنس إلى أسباب اقتصادية بحته فقد اتجه فكر بعض العلماء إلى الاستفادة منها في القضاء على بعض أنواع الحشرات التي تضر بالمحاصيل الزراعية أو إلى استخدامها على الأقل في السيطرة على تكاثر مثل هذه الآفات والحد من انتشارها للتقليل من أضرارها وما تسببه من خسائر اقتصادية فادحة لمختلف المحاصيل .

ومن الطريف أن منظمة الصحة العالمية قامت بعمل إحصاء على المستوى الدولي عن أثر الحشرات على صحة الانسان وعلى غذائه ، وتبين من هذه الإحصائية أن الحشرات تعتبر مسئولة بطريقة غير مباشرة عن نصف وفيات الانسان وإصابات العجز التي تلحق به ، كذلك اتضح أن الحشرات تدمر ما يقرب من ثلث الكمية التي يزرعها الانسان أو يضعها في مخازنه كل عام . إحصائية مخيفة لاشك ، ولكنها تمثل الحقيقة على كل حال ، وهي تبين بوضوح مدى الاحتياج الشديد للقضاء على هذه الحشرات بأنواعها المختلفة .

وقد استخدمت في هذا المجال أنواع متعددة من المواد الكيميائية التي تستطيع إبادة مثل هذه الحشرات وتم انتاج العديد منها في السنوات الأخيرة وعرفت باسم المبيدات الحشرية . وقد اتضح أن الحشرات لا تستسلم بسهولة أمام هذه المبيدات كما تصور البعض ، بل هي عادة تقاوم الأثر القاتل لهذه المركبات بطرقها الخاصة جدا ، فهي قد تكتسب بالتدريج نوعا من المناعة ضد بعض هذه المبيدات ،

وقد تزداد هذه المناعة من جيل لآخر بمرور الزمن حتى تصل في نهاية الأمر إلى حد يضطر معه الزارعون الذين يقاومون هذه الحشرات إلى زيادة جرعات هذه المبيدات وتركيزها في محاولة للتغلب على هذه المناعة .

ولاشك أن زيادة جرعات المبيدات وتركيزها يزيد من أضرار هذه المواد الكيميائية إلى حد كبير ، ولكن يبدو أن المزارعين ، في حربهم الضارية ضد هذه الحشرات المتأقلمة ، لا يأبهون كثيرا لهذه الاضرار ، بل يطلبون بالحاح شديد إنتاج أنواع جديدة من هذه المبيدات تكون أكثر قوة وفعالية من سابقاتها . ويقابل هذا الطلب الملح من جانب الزارعين بمزيد من التحذير من جانب السلطات الصحية التي تطلب الإقلال من استخدام هذه المبيدات ، وتحذر من مخاطر الإفراط في استخدام المواد الكيميائية في إبادة الآفات وتنبه إلى الآثار الضارة لمخلفاتها التي تتجمع في الماء وفي الطعام .

ويحضرنا في هذا المقام بعض الأخطار التي نجمت عن استخدام بعض المبيدات الحشرية في جمهورية مصر العربية للقضاء على دودة ورق القطن بمادة التوكسافين ، وكيف أدى ذلك في بعض الحالات الى ظهور نوع من التسمم بين الماشية وبين الانسان . وحتى الطيور والأسماك لم تعد في منجاة من ضرر هذه المبيدات ، بل وكثيرا ما نسمع عن تسمم المياه وتسمم الطعام . ونحن لا نستطيع ، مهما كانت أضرار هذه المبيدات ، أن نستغني عنها أو نترك استخدامها ، فإننا لو تراجعنا عن استخدامها ، ولو لفترة قصيرة ، لأدى ذلك إلى

أوخم العواقب ولانتشرت الحشرات بطريقة مخيفة ولقضت على عشرات من المحاصيل الاقتصادية التي يعتمد عليها الانسان في حياته .

ويجد علماء الكيمياء وعلماء الحشرات أنفسهم في ملتقى نيران الطرفين ، فأحد الطرفين ـ وهم المزارعون ـ يطلب المزيد من المبيدات القوية التأثير ، بينما يطالب الطرف الآخر ـ وهي السلطات الصحية ـ بالحد من استخدام مثل هذه المبيدات القوية التأثير والتي تؤدي على المدى الطويل إلى الإضرار بالنبات وبالحيوان وأحيانا بالانسان . وعلى الرغم من التعارض الواضح بين هذين المطلبين فقد تمكن العلماء من التوصل الى حل وسط يحقق مطالب كل من الطرفين على قدر الامكان . لقد فكر العلماء في استخدام المواد الجاذبة للجنس التي تطلقها إناث الحشرات في هذا الغرض حيث تقوم هذه المواد باجتذاب ذكور هذه الحشرات التي يمكن تجميعها في مكان واحد ، فإذا جهز هذا المكان على هيئة مصيدة أمكن القضاء على هذه الحشرات بمبيد حشري قوي دفعة واحدة .

ولاشك أن هذه الطريقة تفوق كثيرا تلك الطريقة التقليدية والمعتادة التي تستخدم فيها المبيدات بطريقة الرش . فمثل هذا الأسلوب الذي يتضمن رش المبيدات بطريقة اعتباطية وعلى أوسع نطاق ليغطي أكبر مساحة ممكنة من الحقول ، يؤدي الى تلوث البيئة كما أنه يتسبب في قتل الحشرات الضارة والنافعة معا دون تمييز .

وتقل هذه الأخطار كثيرا عند استخدام المواد الجاذبة للجنس ،

فهي عادة تستعمل في حيز محدود جدا ، مما يترتب عليه استخدام كميات صغيرة جدا من المبيد الحشري في هذا النطاق فقط الذي تتجمع فيه ذكور الحشرات . كذلك فإن المواد الجاذبة للجنس نوعية التأثير إلى حد كبير ، وعلى هذا فإن استخدام المادة الجاذبة للجنس لأحد الأنواع لا يترتب عليه إلا استدعاء ذكور هذا النوع من الحشرات فقط ، بينما لا تتأثر به ذكور الحشرات الأخرى ، وتتيح لنا هذه الخاصية أن نتمكن من القضاء على نوع معين من الحشرات الضارة دون أن نمس حياة الحشرات النافعة الأخرى على الاطلاق .

ويتضح من ذلك أنه إذا أجيد استخدام المواد الجاذبة للجنس في مقاوة الآفات فإن معركة الإنسان مع الحشرات الضارة ستكون أكثر كفاءة وأقل تكلفة بالإضافة إلى أن الأثر السام للمبيدات سيصبح محليا إلى حد كبير مما يؤدي الى التقليل من خطر تلوث البيئة بنسبة عالية . وربما كانت أصعب المراحل في هذه الطريقة هي كيفية التوصل الى معرفة المادة التي تجذب نوعا معينا من الحشرات ، ثم استحداث طريقة يمكن بها الحصول على قدر كبير من هذه المادة إذا استخدمنا جاذبات الجنس الطبيعية بحيث يمكن استخدامها في القضاء على الحشرات على أوسع نطاق .

ويعود الفضل في كل ما حصلنا عليه من تقدم في هذا المجال الى العالم الفرنسي « فابر » الذي عاش في القرن التاسع عشر فقد قام هذا العالم بإجراء تجربة رائدة كانت هي رأس الحربة في تقدم العلم في هذا المضمار ، وهي التي فتحت أوسع الأبواب أمام هذا الفرع من العلم . فقد قام هذا العالم بوضع فراشة إحدى الحشرات التي

تتغذى على أوراق أشجار البلوط في قفص من القماش ، ثم وضع هذا القفص بجوار النافذة في منزله . وقد لاحظ « فابر » أنه خلال بضع ساعات تجمع حوالي ٦٠ ذكرا من ذكور هذا النوع من الحشرات حول القفص المحتوي على الأنثى وكأن هناك نداء خفيا قد استطاع استحضار كل هذا العدد من الذكور .

وقد أثارت هذه الظاهرة الغريبة دهشة هذا العالم إلى حد كبير وذلك لأن هذا النوع من الفراشات يعتبر نادرا ويصعب الحصول عليه أو حتى رؤ يته في الحقول فما الذي أدى إلى دعوة كل هذا العدد الكبير من ذكور هذه الحشرة التي اندفعت من كل حدب وصوب وكأن الأرض قد انشقت عنها ، وما الذي جعلها تحوم حول هذا القفص المحتوي على الأنثى ! ولم يستطع « فابر » أن يفسر هذه الظاهرة وظن في أول الأمر أن هذه الذكور قد استطاعت أن ترى الأنثى وهي داخل القفص . وأراد أن يتأكد من ذلك فوضع الأنثى في تجربة أخرى داخل قفص محكم من الزجاج لعل ذلك يساعد على دعوة عدد أكبر من الذكور إذا استطاعت رؤ يتها من وراء الزجاج الشفاف .

وقد دهش هذا العالم لأن التجربة لم تنجح هذه المرة ، فعلى الرغم من وضوح الأنثى داخل القفص الزجاجي إلا أنه لم يتجمع هذه المرة العدد المطلوب من الذكور بل لم يحم ذكر واحد حول هذا القفص وكأنه لا وجود للأنثى بداخله على الاطلاق . ولم يخطر ببال « فابر » أن رائحة الأنثى هي التي تجتذب الذكور ، ففي الحالة الأولى كان القفص مصنوعا من القماش مما سمح بانتشار رائحة الأنثى في

الجو المحيط بالقفص في حين أنه في الحالة الثانية تسبب القفص الزجاجي المحكم في منع رائحة الأنثى من الانتشار ولذلك لم تحس بها الذكور على الاطلاق .

ويبدو أن رائحة الأنثى كانت على درجة عالية من النفاذ حتى أنه عندما قام « فابر » بإخراج الأنثى من القفص استمر عدد كبير من الذكور في التجمع حول القفص الخالي رغم أنه كانت هناك بالحجرة التي أجريت بها التجربة بعض الروائح النفاذة الأخرى مثل دخان الطباق ورائحة النفتالين ورائحة كبريتيد الهيدروجين التي تشبه رائحة البيض الفاسد .

وقد قام « فابر » بتكرار هذه التجارب مع بعض الحشرات الأخرى وكانت نتيجة هذه التجارب متشابهة الى حد كبير . وعلى الرغم من أن النتيجة المباشرة لهذه التجارب تدل دلالة واضحة على أن الأنثى تقوم باجتذاب الذكور عن طريق رائحة خاصة بها تطلقها في الهواء المحيط بها ، إلا أن « فابر » لم يستطع أن يقبل هذه الفكرة بل اعتقد أن الإناث تقوم باطلاق نوع خاص من الإشارات تنتقل في الهواء على هيئة ذبذبات خاصة يستطيع الذكر أن يستقبلها بواسطة قرون استشعاره فيستجيب لها ، وقد برهن « فابر » على اقتراحه بأن الذكور التي أزيلت قرون استشعارها نادرا ما كانت تعثر على الأنثى .

ولاشك أن العالم الفرنسي « فابر » كان مصيبا فيما ذهب إليه من افتراضه أن قرون الاستشعار هي المكان الذي يستقبل الرسالة ويتلقاها ، ولكنه اخطأ في نفيه أن تكون هذه الرسالة قد انتقلت عن

طريق الرائحة . وقد تحقق العلماء فيما بعد من صحة هذا الافتراض بعد أن قاموا بعشرات من التجارب وتبين لهم أن ذكور الحشرات تستطيع أن تشعر بهذه الرائحة التي تطلقها الاناث مهما كانت كميتها ضئيلة ومهما كانت المسافة التي تفصل بينها كما سنرى فيما بعد .

وقد بدأ استخدام المواد الجاذبة للجنس كسلاح ضد الحشرات عندما حاول العلماء مقاومة نوع معين من الفراش يطلق عليه اسم « فراش الجيبسي » . فقد قام أحد الفرنسيين عام ١٨٦٩ بإحضار هذه الحشرة الى الولايات المتحدة لكي يزاوج بينها وبين فراشة دودة القز لإنتاج نوع جديد من دود الحرير يستطيع أن يعيش ويتأقلم في أجواء الولايات المتحدة . ولم تكلل جهود هذا الرجل بالنجاح ، بل الأدهى من ذلك أن بعض هذه الفراشات الجديدة قد استطاعت أن تفر منه واتجهت الى الحقول المجاورة وبدأت في التكاثر بشكل هائل حتى أصبحت وباء يهدد جميع المزروعات والمحاصيل في ولاية نيوانجلاند ، فقد انتشرت هذه الحشرة في جميع مزارع هذه الولاية الامريكية وراحت تتغذى بكل شراهة على أوراق الأشجار وعلى المحاصيل دون تمييز ، مما كلف هذه الولاية من الخسائر ما قدر بملايين الدولارات .

وقد تطلب هذا ، القيام بحملة مكثفة للقضاء على هذه الآفة باستخدام المبيدات الحشرية ، ولكن صادفت القائمين على هذا الأمر مشكلة كبرى كانت تتعلق بخطر استخدام هذه المبيدات على نطاق واسع وما يمكن أن تسببه من تلوث. وقد دفع هذا بعض العلماء إلى

الإسراع في إجراء مزيد من الدراسات والبحوث في مجال استخدام المواد الجاذبة للجنس . وقد احتاجت هذه الدراسة الى جهد كبير وإلى عمل متواصل عظيم القدر ، فقد بدأت هذه الدراسات بمحاولات مضنية للتعرف على هذه المواد وتعيين تركيبها الكيميائي ، ثم محاولة فصلها بكميات مناسبة تصلح للاستخدام على نطاق كبير ، ثم انتهت بمحاولات لتركيب هذه المواد معمليا من مواد كيميائية أبسط منها حتى يمكن استخدامها بطريقة اقتصادية .

ويمكننا ان نستدل على مقدار الجهد الذي بذل في مثل هذه الدراسات إذا تصورنا أن فصل قدر ضئيل من مادة البومبيكول الذي تستخدمه دودة الحرير كمادة جاذبة للجنس لا يزيد عن ١٢ مليجراما (حوالي ١٢ . , ٠ من الجرام) يحتاج إلى اصطياد حوالي ربع مليون فراشة من هذا النوع ، كذلك يحتاج الأمر الى اصطياد نصف مليون فراشة من إناث فراش الجيبسي لاستخلاص قدر ضئيل ، من مادة الجيبلور التي تستخدمها في اجتذاب الذكور ، لا يزيد عن ٢٠ مليجراما (حوالي ٠٢٠ , ٠ من الجرام) .

والسبب في الاحتياج لهذا العدد الهائل من إناث الفراشات ، أن الفراشة الواحدة لا تعطي إلا قدرا متناهيا في الصغر من هذه المواد لا يزيد عن ٠١ , ٠ من الميكروجرام (الميكرو جرام يساوي جزءا من عشرة آلاف جزء من الجرام) ، أي أن الفراشة الواحدة لا تعطي إلا حوالي جزء من مليون جزء من الجرام وهو ما يقل عن جزء من مليون جزء من الوزن الكلي للفراشة نفسها .

وقد تم فصل المواد الجاذبة للجنس من الحشرات بقتلها ثم استخلاصها بالبنزين ، ويتلو ذلك فصل محتويات هذه المستخلصات بالطريقة الكروماتوجرافية. وفي هذه الطريقة توضع إحدى المواد ذات النشاط السطحي في عمود خاص، ثم تصب هذه المستخلصات على قمة هذا العمود فتتحرك مكوناتها المختلفة بسرعات متباينة على المادة النشيطة وبهذا يمكن فصل هذه المكونات كل على حدة في مكان خاص من هذا العمود .

وقد استخدم العلماء الأمريكيون طريقة أخرى أكثر يسرا وسهولة عند فصل المادة الجاذبة للجنس من أنثى الصرصور الامريكي ، فقد قام هؤلاء العلماء بوضع إناث الصرصور في أوان محكمة الغلق ثم أمروا تيارا من الهواء داخل هذه الأواني ليحمل معه كل ما يتبخر من هذه الإناث ، ثم ترك تيار الهواء المحمل بهذه الأبخرة ليمر في مكثفات خاصة مبردة إلى درجة حرارة تقل عن الصفر المئوي حيث تحولت الأبخرة التي يحملها الهواء إلى سائل أمكن جمعه فيما بعد .

وقد تمكن العلماء بهذه الطريقة البسيطة من « حلب » - إذا جاز لنا أن نستخدم هذا التعبير - عدد كبير من إناث الصرصور الامريكي بلغ حوالي ١٠٠٠٠ من هذه الاناث في فترة لا تزيد على تسعة أشهر لتعطي حوالي ١٢ مليجراما (٠,٠١٢ من الجرام) من المادة الجاذبة للجنس في حالة نقية . ولاشك أن هذه التجارب تبين مدى العناء الذي يلقاه العلماء في عملهم كما تدل على مدى المثابرة الهائلة التي يتمتعون بها .

وتبلغ قوةهذه الموادالجاذبةللجنس الواحدحدا هائلا ومذهلا يصعب تصديقه فلو أن ١٠٠٠٠ جزيء فقط من مادة البومبيكول ، وهو قدر متناه في الصغر ، سمح لها بالانتشار من مصدر يبعد سنتيمترا واحدا عن قرون استشعار أحد ذكور فراشة دودة الحرير لاهتزت هذه القرون في الحال ولبدا عليها رد فعل خاص . ولو أننا أخذنا في الاعتبار قدرة هذه المواد على التطاير وسرعتها في الانتشار فإنه يمكن أن نتصور أن أقل تركيز محسوس من هذه المواد يمكن أن يؤثر في الذكر حتى أن تركيزا ضئيلا جدا لا يزيد على بضع مئات من الجزيئات من هذه المواد في السنتيمتر الواحد قد يجتذب الذكر ، بل ربما كان التركيز الفعلي الذي يستطيع أن يؤثر في الذكر أقل من ذلك بكثير .

ويترتب على ذلك أن نتصور أن ذلك القدر الصغير من المادة الجاذبة للجنس الذي يوجد في أنثى الفراش يعتبر كافيا جدا لاجتذاب أكبر عدد من الذكور ، فمثلا ذلك القدر الضئيل من مادة الجيبلور التي توجد بانثى الفراش الواحدة والذي لا يزيد على جزء واحد من مليون جزء من الجرام (٠,٠١ ميكروجرام) يكفي ، نظريا لو وزع بكفاءة تامة ، لجذب اكثر من الف مليون من ذكور هذا الفراش . وقد أجريت تجربة عملية في هذا المجال بينت أن أنثى واحدة من هذا النوع من الفراش عندما وضعت في قفص من السلك معرض للهواء ، قد استطاعت أن تجتذب أحد عشر ألفا من ذكور هذا الفراش ، ولاشك ان هذا الرقم يعتبر مثيرا للدهشة الى حد كبير ، ولكنه يدل دلالة واضحة على القوة الخارقة التي لهذه المواد الكيميائية وأثرها الفعال في جذب الذكور .

وتستخدم الأنثى هذه القدرة الهائلة التي لهذه المواد في الاعلان عن نفسها في مساحة كبيرة دون الحاجة الى بذل طاقة كبيرة في هذا الشأن . وتستطيع أبخرة هذه المواد الانتشار في مساحات ضخمة فيمكن لبخار المادة الجاذبة للجنس الذي تطلقه الفراشة عند هبوب رياح متوسطة القوة أن يمتد موازيا لسطح الأرض لمسافة تزيد على الكيلومتر ، كما أن عرض هذا التيار من بخار المادة قد يصل إلى ٢٠٠ متر .

ويتضح من ذلك أن أبخرة المادة الجاذبة للجنس تستطيع أن تغطي مساحة هائلة قد تصل إلى ٢٠٠٠٠٠ من الامتار المربعة وهي مساحة غاية في الضخامة بالقياس إلى الكمية الضئيلة من هذه المادة التي تفرزها الأنثى الواحدة وكذلك بالمقارنة مع الحجم الصغير للأنثى نفسها . وقد أثارت هذه الحقيقة دهشة الكثيرين حتى أن أحد العلماء المشهورين لم يستطع أن يصدق أن الأنثى الواحدة ، الضئيلة الحجم ، تستطيع أن تعلن عن نفسها في مثل هذه المساحة الهائلة ، وقال قولا مشهورا في هذا المجال « هل يمكن أن نتوقع أن نصبغ بحيرة من البحيرات بقطرة واحدة من صبغ احمر الكارمين » !

وقد تبين لنا الآن خطأ ذلك العالم في انكاره وان كنا نتفق معه في ذلك التشبيه الرائع الذي عبر به عن هذه الظاهرة . والآن وقد علمنا أن أنثى الفراشة تستطيع أن تعلن عن نفسها في مثل هذه المساحات الهائلة ، فإن لنا أن نتساءل كيف يستطيع الذكر الذي يشم هذه الرائحة الضعيفة في الهواء أن يحدد الا تجاه الذي توجد فيه الأنثى حتى يطير إليها . . . !

وقد تصور البعض أن الذكر يستطيع أن يطير في الاتجاه الـذي تتزايد فيه الرائحة ، ولكن تبين أن هذا غير صحيح فقد اتضح أن المادة الجاذبة للجنس تتوزع في الهواء بانتظام تام بعد أن تبتعـد عن الأنثى بعدة امتار حتى أن كثافتها أو تركيزها يصبح ثابتـا على طول المدى الذي تمتد فيه هذه الرائحة . وقد بينت التجارب التي أجريت في هذا المجال أن الذكور تفعل الشيء المنطقي المنتظر منها في مثل هذه المناسبة ، فهي تطير بكل بساطة وبطريقة تلقائية في الاتجاه المضـاد للاتجاه الذي تهب منه الريح ، وبذلك فإنها تطير دون تفكير أو وعي في اتجاه الأنثى .

ولو أن الذكر أخطأ الطـريق وطـار لسبـب من الأسبـاب خارج النطاق الذي تنتشر فيه الرائحة ، فانه إما أن يتخلى عن البحث عن الأنثى مضطرا وينطلق الى حال سبيله ، وإما أن يطير في اتجاهـات مختلفة بطريقة اعتباطية حتى يتسنى له أن يلتقط الرائحة مرة أخرى . ولاشك أنه عندما يقترب الذكر من الأنثى ويصبح على مسافة معقولة منها فانه سيحس بأن هناك زيادة متوسطة في كثافة الأبخرة أو في شدة الرائحة وهي تزيد تدريجيا كلما اقترب منها أكثر فأكثر ، وتكون هذه الزيادة النسبية في تركيز المادة الجاذبة للجنس دليلا كافيا لهداية الذكر إلى مكان الأنثى .

ولاتصلـح المادة الجاذبـة للجنس التـي لأحـد أنــواع الحشرات لاجتذاب ذكور نوع آخر ، وذلك لأن لكل جنس من الفراش مواده الخاصة به ، وهذا أمر طبيعـي ، فلامعنـى لأن تقـوم المادة الجاذبـة

للجنس التي تطلقها إحدى الإناث باجتذاب ذكور جنس آخر طالما لاتستطيع ذكور هذا الجنس تلقيح هذه الأنثى المخالفة لها في النوع .

وبتحليل أغلب المواد الجاذبة للجنس اتضح أنها جميعا تتركب من جزيئات كيميائية متوسطة الحجم يقع وزنها الجزيئي وسطا بين ١٨٠ ٣٠٠ . ويرى علماء الكيمياء أن السبب في تكون هذه المواد من جزيئات متوسطة الحجم يعود الى أن الجزيئات الصغيرة بشكل عام والتي يقل وزنها عن ١٠٠ لايمكن تشكيلها في صور مختلفة ، بمعنى أنه لايمكن تحضير أنواع متعددة منها ، ولذلك لايمكن استخدامها كعلامات مميزة للأنواع المختلفة من الحشرات .

وقد اتضح أن قدرة المادة الجاذبة للجنس تزداد كلما زاد وزنها الجزيئي، أي كلما كبر حجم الجزيئي وزاد عدد الذرات المكونة له . فمثلاً وجد أن مضاعفة الوزن الجزيئي لبعض الاسترات العضوية التي جربت على أنواع من الذباب أدى الى زيادة قدرة هذه المواد على جذب الذكور الى حوالي الف ضعف ! وعلى الرغم من أن زيادة الوزن الجزيئي تساعد على زيادة قدرة المادة الجاذبة للجنس إلا أننا نجد أن الحشرات لاتستخدم مواد ذات جزيئات كبيرة تزيد في وزنها الجزيئي عن ٣٠٠ كما ذكرنا من قبل . ولعل السبب في ذلك أن أجسام هذه الحشرات لاتستطيع أن تقوم بتركيب هذه الجزيئات الكبيرة بسهولة ، كما أن كبر حجم هذه الجزيئات ينتظر أن يؤدي الى الإقلال من قابليتها للتطاير ويؤثر بالتالي على قدرتها على الانتشار .

ويمكننا إذاً أن نستنتج أن الوزن الجزيئي لمواد الإنذار لابد أن يكون أقل بكثير من الوزن الجزيئي للمواد الجاذبة للجنس ، وذلك لأن مواد الانذار تحتاج إلى الانتشار السريع في نطاق محدود داخل الخلية أو داخل المستعمرة. ولهذا كأن لا بد أن تكون جزيئاتها صغيرة الحجم إلى حدما . أما بالنسبة للمواد الجاذبة للجنس فإن كبر حجم الجزيئات يساعد على الانتشار البطيء ، كما يساعد على البقاء في الهواء لفترة أطول وذلك لأن هذه المواد تعمل في الهواء الطلق وفي مجال غير محدود .

ولابد أن نطرح عند هذا الحد تساؤلاً هاماً . . . ! هل استخدام هذه المواد الكيميائية في عمليات الاتصال وتبادل المعلومات وقف على الحشرات فقط أم أن الانسان يستخدمها هو الآخر . . . !

ويمكن الاجابة على هذا التساؤ ل بذكر تلك التجربة الهامة التي قام بها أحد العلماء الفرنسيين والتي وجد فيها أن هناك خلافا رئيسياً بين الجنسين في الإنسان في القدرة على شم رائحة بعض المواد الكيميائية . فهناك مركب كيميائي يعرف باسم « اكزالتولايد » «Exaltolide » وهو عبارة عن لاكتون حمض ١٤ ـ هيدروكس ترادیكانويك ، ويتميز برائحته الخاصة ويستخدم عادة مثبتاً في صناعة العطور . وقد أجرى هذا العالم تجربة فريدة على هذا المركب واختار لتجربته عدداً كبيراً من الذكور والانـاث من مختلف الأعمار واختبر فيهم قدرة كل منهم على الإحساس برائحة المركب السابق .

وقد اتضح من هذه التجربة أن هناك خلافاً واضحاً في قدرة كل من الإناث والذكور على تمييز هذه الرائحة . ففي حين استطاعت الإناث البالغات والسيدات تمييز رائحة هذا المركب ، لم يستطع الرجال أو الذكور بصفة عامة التعرف على هذه الرائحة . كذلك لاحظ ذلك العالم أن الفتيات الصغيرات كن أشبه بالذكور في هذا المضمار ، ولم تستطع إحداهن أن تميز رائحة هذا المركب . كذلك لاحظ ذلك العالم أن حساسية السيدات لهذا المركب تزداد بشكل واضح عند اقتراب دورة نشاط المبيض كما أن حساسية الذكور لرائحة هذا المركب تزيد كثيراً عند حقنهم بالهرمون الانثوي « الاستروجين » .

وتدل هذه التجربة دلالة واضحة على مدى أثر الجنس في الانسان على حساسية الفرد تجاه رائحة هذا المركب ، وهي تدل كذلك على أنه قد يكون هناك كثير من المواد الكيميائية التي يمكن أن تؤثر على فسيولوجية الانسان وإن كنا لانعرف ذلك حتى الآن على وجه التأكيد .

ويبدو من كل ما تقدم أننا مازلنا على أول الطريق فيما يتعلق بموضوع أثر المواد الكيميائية على فسيولوجية الحيوان وسلوكه بوجه عام ، وكذلك فيما يتعلق بالطريقة التي تستخدم بها هذه المواد في تبادل المعلومات.ويشبه موقفنا اليوم في هذا المجال موقف علماء اللغة الذين يقومون بدراسة لغة جديدة لايعرفون منها إلا بضع كلمات مفردة ، وهو موقف عسير ولاشك ، ولكن غموض هذه اللغة الجديدة

وإبهامها لن يصمد كثيراً أمام المحاولات العلمية الجادة وأمام مثابرة العلماء .

ومن المعتقد أنه لن يتيسر لنا أن نجد اجابات شافية لهذا الموضوع إلا إذا تم التوصل الى طرق أداء جديدة في مجال الكيمياء التحليلية حتى يمكن أن تساعدنا هذه الطرق على التعرف على الكميات الضئيلة جداً من مثل هذه المواد الكيميائية التي تستخدمها الكائنات الحية في عمليات الاتصال وتبادل المعلومات ، على أن يصحب ذلك كله تقدم محسوس في معلوماتنا الخاصة بدراسة سلوك الحيوانات تحت مختلف الظروف .

وحتى مع التقدم المنتظر في الاتجاهات المذكورة ، فإن الأمور لاتبدو دائما بهذه البساطة ، فقد تبين مثلاً أن إناث فراشة الحشرة التي تعيش على القمح في أوربا تستطيع أن تجتذب الذكور وتتزاوج معها ، مهما كانت ندرة هذه الذكور وقلة عددها مما يدل على أن الرائحة التي تطلقها الأنثى على درجة عالية من القدرة على الانتشار والتطاير .

وعندما وضعت هذه الفراشة في أحد الاقفاص ووضعت تحت المراقبة تبين أنها لم تفعل شيئا على الاطلاق لاجتذاب الذكور ، وقد كانت هذه الملاحظة الغريبة شيئا فريداً يستعصى على الفهم ، فكيف يمكن لهذه الأنثى أن تجتذب الذكور وهي تطير في الحقول بينما هي لاتفعل ذلك بعد أن وضعت في القفص ، وكأنها بذلك ترفض

التزاوج وهي في الأسر !!

وعندما وضعت هذه الأنثى تحت المراقبة المستمرة ليلاً ونهاراً تمكن العلماء من فهم هذا السلوك الغريب . لقد تبين من مراقبة هذه الأنثى الأسيرة ليلاً بواسطة الأشعة تحت الحمراء أنها لاتتزاوج الا عند هبوط الظلام ، وهي لاتفعل ذلك الا في أوقات محددة فيما بين الساعة الحادية عشرة والساعة الرابعة صباحاً وهي لذلك لاتطلق المادة الجاذبة للجنس إلا في هذا الوقت فقط.ولهذا فإن الذكور لاتأتي لزيارة الأنثى إلا بعد منتصف الليل عندما تشم المادة الجاذبة للجنس .

ولايتوقف إصدار مثل هذه الروائح على الاناث فقط ، فقد اتضح أن بعض ذكور الفراش تطلق رائحة خاصة بها عند اقترابها من الاناث وكأنها تفعل ذلك لاغراء هذه الاناث واجتذابها . وتقوم هذه الذكور بافراز هذه الرائحة في أغلب الحالات من غدد خاصة تقع تحت الأجنحة حيث تساعد حركة الأجنحة السريعة على نشر هذه الرائحة حول الأنثى . ولايحدث هناك خلط بين رائحة الأنثى ورائحة الذكر ، فان رائحة الأنثى تنتشر على نطاق واسع وتقوم بجذب الذكور الى أماكن تجمع الاناث ، أما رائحة الذكر فلا تطلق الا بعد عثوره على الأنثى وطيرانه حولها .

ويعن لنا هنا أن نسأل . . . هل يستطيع الانسان أن يحس برائحة جاذبات الجنس التي تطلقها بعض إناث الحشرات !

لقد تبين من عشرات التجارب التي أجريت في هذا المجال أن

أنف الانسان قد استطاع التمييز بين كثير من روائح المواد الجاذبة للجنس التي تطلقها بعض الذكور لإغراء الإناث بينما فشل الانسان في الإحساس برائحة المواد الجاذبة للجنس التي تطلقها الاناث لاستدعاء الذكور . ولايعرف بعد السبب في ذلك ولكن من استطاعوا التعرف على الرائحة التي تطلقها الذكور وصفوها أحياناً برائحة الاناناس وأحيانا أخرى برائحة الشيكولاته أو رائحة زيت الليمون أو رائحة الزهور .

ومن الجدير بالذكر أن إحدى الروائح التي تفرزها ذكور بق الماء التي تعيش في بعض المناطق الحارة لايمكن شمها فقط ، بل يمكن رؤ يتها وفصلها وجمعها ، فهي عبارة عن سائل صاف شفاف ذي رائحة عطرية جميلة تشبه رائحة القرفة.وقد دعا هذا بعض سكان جنوب شرق آسيا الى استعمال هذا السائل مثل بقية التوابل . ومن الطريف أن أحد العلماء الألمان قد تمكن من فصل هذه المادة في حالة نقية وقام بتحليلها ثم تعرف على تركيبها ، وقد اتضح أنها مادة بسيطة التركيب تعر باسم « ترانس ـ ٢ هكسينايل اسيتات » وتمكن من تحضيرها في المعمل من مواد كيميائية بسيطة ، ثم تولت إحدى الشركات بعد ذلك بيع هذه المادة المخلقة معملياً في جنوب آسيا ومازالت تباع هناك حتى الآن .

ونظراً للاحتياج الشديد لبعض هذه المواد الجاذبة للجنس لاستخدامها في مقاومة الآفات ، وقلة مايمكن فصله منها طبيعياً من إناث الحشرات بحيث لاتصلح للاستخدام على نطاق واسع ، فقد

فكر بعض العلماء المهتمين بهذا الموضوع في اختيار بعض المواد الكيميائية المعروفة والمخلقة معملياً واختبارها لعل بعضا منها يمكن استخدامه للقيام بنفس مهمة المواد الجاذبة للجنس ، وحينئذ يمكن تحضير هذه المواد التي اجتازت الاختبار بكميات وافرة تصلح للاستخدام الحقلي .

وقد تم اختبار مايزيد على الفين من هذه المركبات الكيميائية المعملية في محاولة للعثور على بديل لمادة الجيبلور وهي المادة التي تطلقها إناث فراش الجيبسي كما سبق أن بينا ، واتضح من هذه التجارب أن بعض الكحولات المستقيمة السلسلة والتي تتكون من عدد قليل من ذرات الكربون تستطيع أن تجتذب ذكور فراشة الجيبسي إلى حد ما . ولم يقم العلماء بهذه التجارب اعتباطاً ، بل فصلوا أولا مادة الجيبلور الطبيعية من إناث فراش الجيبسي ثم عرفوا تركيبها وتمكنوا من تحضيرها معملياً ومحاكاتها .

ولايستطيع العلماء عادة مقاومة الإغراء الذي يدفعهم أحياناً للتنافس مع الطبيعة ومحاولة التحسين عليها أو الإضافة إليها ، وقد فعلوا ذلك في هذه الحالة فقاموا بتقصير سلسلة الجيبلور من ست عشرة ذرة من الكربون الى أربع عشرة ذرة فقط حتى يكون المركب الجديد الناتج أكثر تطايراً مما قد يجعله اكثر قوة ونفاذاً .

ولم تنجح هذه المحاولة فقد تبين أن المركب الناتج لم يساعد على اجتذاب ذكور فراشة الجيبسي ، إلا أن البحث المتواصل أدى الى

اكتشاف مركب آخر له نفس تركيب المادة الطبيعية وإن زاد عليها بذرتين من ذرات الكربون ، أي أن سلسلته تتكون من ثماني عشرة ذرة من ذرات الكربون ، وقد اتضح أن هذا المركب له نفس قدرة المركب الطبيعي وهو الجيبلور ، وإن كان الأول أيسر في التحضير لمشابهته لأحد مكونات زيت الخروع الموجود طبيعياً ، ولهذا فإن هذا المركب الجديد المحتوي على ثماني عشرة ذرة من الكربون هو المركب المستخدم حالياً في جذب ذكور حشرة الجيبسي وفي مقاومة هذه الآفة على نطاق واسع .

وهناك كثير من المواد الكيميائية الأخرى - بخلاف المواد الجاذبة للجنس - التي استعملت في اجتذاب الحشرات مثل بعض المواد الغذائية كمحاليل السكر والمواد النشوية وقطع الخيار وشرائح الموز وغيرها ، كما استخدمت بعض المواد الكيميائية البسيطة مثل كربونات النشادر التي تستطيع اجتذاب إناث حشرة الذباب المنزلي . وقد استخدمت بعض هذه المواد الكيميائية البسيطة وغيرها من المواد التي تستطيع اجتذاب الحشرات في مقاومة بعض الآفات ، وذلك بعد خلطها بمبيد حشري سريع التأثير ، ووضعها في مصايد خاصة تتجمع فيها هذه الحشرات .

وعلى الرغم من نجاح العلماء في استنباط مركبات جديدة تستطيع اجتذاب الحشرات فستظل المواد الجاذبة للجنس الطبيعية هي أكثر المركبات الكيميائية قدرة وأشدها فعالية لأعوام قادمة .

ـ ٤ ـ

نظرية الشم

حاسة الشم هي إحدى الحواس الهامة التي يتعرف بها الكائن الحي على البيئة التي يعيش فيها . وتبلغ هذه الحاسة حداً من القوة عند كثير من الحيوانات ، وهي تخطرها باقتراب الفريسة أو تنذرها بوقوع الخطر ، وتعوض النقص في قوة الإبصار عند بعضها ، كما في حالة الفيل ، كما تستخدمها الخفافيش في اكتشاف الأشجار المحملة بالثمار أثناء طيرانها فوق قمم هذه الاشجار . وتختلف قوة هذه الحاسة من كائن لآخر ، فهي ضعيفة نسبياً عند الإنسان وقوية عند الحشرات ، فقد رأينا مقدار حساسية ذكور الفراشات لرائحة المواد الجاذبة للجنس ، وقد تصبح هي الحاسة الرئيسية عند الحيوان كما في حالة الكلاب التي تبلغ عندها قوة حاسة الشم حوالي ثلاثمائة مرة قدر قوتها عند الانسان .

وبالرغم من أن حاسة الشم عند الانسان أضعف منها بكثير عند بقية الحيوان فان أنف الانسان يستطيع أن يميز بين كثير من الروائح المحيطة بنا ، فهو قد يستقبل رائحة الزهور الجميلة فتثير فينا النشوة والابتهاج ، كما أنه قد يستقبل الروائح العفنة أو الكريهة فتثير فينا الامتعاض والاشمئزاز ، ولاندري كيف يستطيع الأنف أن يفعل ذلك ! وأنف الانسان مستعد دائما لاستقبال مختلف الروائح ، مهما كانت طبيعتها ، فالأنف مفتوح على الدوام ، يدخل فيه الهواء مع كل شهيق حاملاً معه عشرات من الأبخرة والروائح .

وعندما يدخل الأنف تيار من الهواء ، يقوم الأنف بتدفئة هذا الهواء حتى تصل درجة حرارته إلى ما يقرب من درجة حرارة الجسم ، وتقوم بهذه المهمة مجموعة من الحواجز المغطاة بنسيج مخاطي غني بالشعيرات الدموية ، وهي تقع في التجويف الأنفي فوق سقف الحلق . ويمر الهواء بعد ذلك فوق منطقة حساسة تتجمع فيها نهايات أعصاب الشم وتعرف عادة باسم منطقة الشم ، وهناك تتلامس الأبخرة التي يحملها الهواء مع أطراف الأعصاب ، التي تحس بطريقة ما بالجزيئات ذات الرائحة ، فترسل نبضات خاصة إلى بصيلات الشم ، ثم إلى المخ . وهناك تترجم هذه النبضات الى الإحساس بالروائح التي نعرفها .

وعلى الرغم من الدور الهام الذي تلعبه الروائح في حياتنا اليومية ، فنحن لانعرف عنها الشيء الكثير ، فمثلاً لاتوجد لدينا وسيلة بسيطة لوصف هذه الروائح ، وكل ما يمكننا أن نفعله أن ننسب هذه الروائح الى أصولها أو الى منابعها التي تنبعث منها ، فنقول إن هذه الرائحة هي رائحة الزهور ، أو رائحة الفاكهة ، أو رائحة النعناع وهكذا . كذلك ليست لدينا الوسيلة التي نقيس بها قوة هذه الروائح أو نعين بها مقدارها . وعلى الرغم من أننا استطعنا أن نجد وحدات خاصة لقياس شدة الضوء ، وابتكرنا وحدات أخرى لقياس حدة الصوت ، إلا أننا حتى الآن لم نجد الوسيلة التي تصلح لقياس شدة الرائحة وتعيين مقدارها .

ويستطيع الأنف وأعصاب الشم أن تتعرف على أنواع متعددة من الروائح ، وهي عندما تفعل ذلك ، فهي تميز في الحقيقة بين مئات

من أصناف الجزئيات الكيميائية المسببة للرائحة بمنتهى اليسر ، والتي لايستطيع الكيميائي المتدرب التعرف عليها ، تحت الظروف المعتادة ، الا بعد جهد جهيد . كذلك تستطيع بعض أجهزة الشم عند بعض الكائنات الحية أن تميز بين مختلف الروائح حتى ولو كانت هذه الروائح على درجة عالية من التخفيف ، فهناك بعض الحيوانات التي تستطيع أن تشم هذه الروائح وتميز بينها حتى إذا بلغ تخفيفها إلى جزء من عشرة ملايين جزء من الجرام . وهذا التركيز يقل كثيراً عن التركيز الذي تستطيع أن تحس به أحدث أنواع أجهزة التحليل وأكثرها دقة .

وقد حاول الانسان منذ القدم أن يقدم تفسيراً للطريقة التي تعمل بها حاسة الشم عند مختلف الكائنات ، وربما كان الشاعر « لوكريتس » هو أول من قدم شرحاً مبسطاً لتفسير حاسة الشم . فقد افترض « لوكريتس » أن سقف الحلق في الانسان يحتوي على عدد من الثقوب الدقيقة المتنوعة الأشكال والحجوم ، وأن إحساسنا بالرائحة يحدث عندما تستطيع المواد المتطايرة أن تدخل في هذه الثقوب طبقا لأحجامها ، كذلك اقترح أن نوع الرائحة التي نحس بها إنما يتوقف على نوع الثقب الذي تدخل فيه كل مادة .

وعلى الرغم من أن هذا التصور الذي وضعه ، « لوكريتس » لتفسير حاسة الشم كان تصوراً غريباً ، وبدائياً إلى حد كبير ، إلا أنه الآن ، وبعد مضي ألفي عام ، يعتبر صحيحاً الى حد كبير ! لقد تبين من كثير من التجارب التي أجريت في هذا المجال في السنوات الأخيرة ، أن حجم الجزيئات وشكلها في الفراغ هما أهم العوامل

التي تحدد نوع الرائحة التي تثيرها فينا هذه الجزيئات ، وأقيمت إحدى النظريات على هذه الأسس لتفسير حاسة الشم عند مختلف الكائنات . وقبل أن نتكلم عن هذه النظرية الجديدة ، لابد أن نعرف شيئا ما عن الصفات الرئيسية الواجب توفرها في المواد التي تعطي روائح مميزة يمكن الإحساس بها .

إن أول مايجب أن تتميز به هذه المواد ، هو أن تكون قابلة للتطاير في حدود معقولة ، ويعني ذلك أن تكون لهذه المواد بعض الأبخرة التي تستطيع أن تصل إلى أجهزة الشم . فنحن نشعر مثلاً برائحة الطعام لأن هذا الطعام يعطي بعض الأبخرة غير المرئية التي تنفذ الى منطقة الشم ، وهناك تتلامس مع أطراف الأعصاب التي تملأ هذه المنطقة . أما إذا كانت المادة غير قابلة للتطاير ، بمعنى أنها لاتعطي مايكفي من الأبخرة ، فانها لن تعطينا الإحساس بالرائحة أبداً ، وقد تعودنا أن نصف مثل هذه المواد بأنها عديمة الرائحة . والأمثلة على هذه المواد كثيرة ومتعددة ، فالقلم الذي نكتب به ، والورق والفلزات ، واللدائن وغيرها ، مواد عديمة الرائحة ، ولانستطيع أن نميز بينها أو بين أنواعها المختلفة عن طريق الشم .

وينبني على ذلك أنه كي نشعر بالرائحة ، فلابد أن يصل بخار المادة إلى الأنف ، وأن يكون تركيز هذا البخار مناسباً حتى يستطيع أن يؤثر في منطقة الشم . ولايكفي أن تصل أبخرة المادة إلى منطقة الشم ، بل يجب أن تقبل هذه الأبخرة الذوبان في الماء ، ولو في حدود ضيقة جداً ، وذلك حتى تذوب جزيئاتها في طبقة الماء الرقيقة المحيطة بأطراف أعصاب الشم وتتفاعل معها . ولايشترط أن تذوب المادة

بوفرة في الماء ، مثل السكر أو الملح ، بل يكفي أن تذوب بعض جزيئاتها في الماء كي يحدث التلامس بينها وبين نهايات الأعصاب . وقد تتميز بعض المواد المسببة للرائحة بقدرتها على الذوبان في الدهون ، وتعطيها هذه الخاصية ميزة كبرى ، فهي تساعدها على اختراق طبقة الدهن الرقيقة التي تتكون منها جدران أغلب الخلايا وتسمح لها باختراق أطراف أعصاب الشم .

وبخلاف هاتين الخاصيتين ، وهما قابلية المادة للتطاير وقابليتها للذوبان ، فلانعرف شيئا عن الخواص الأخرى للمواد المسببة للرائحة ، وإن ظن البعض أن هناك علاقة ما بين التركيب الكيميائي للجزيئات وما تثيره فينا من إحساس بالرائحة . وقد قام الكيميائيون بتخليق مئات من المواد الكيميائية في المعامل تحقيقا لهذا الظن ، ولكن هذه المواد الجديدة والمخلقة لم تساعدنا كثيراً ، بل أضافت كثيراً من الإبهام إلى هذا الرأي ، وبينت أنه لاتوجد علاقة دائمة بين التركيب والرائحة ، وأن الصفات العطرية لأي مادة لاتعتمد على تركيبها الكيميائي بل يبدو أنها تعتمد على عوامل أخرى غير ذلك .

وقد اتضح فيما بعد أن ترتيب الذرات المكونة للجزيئات ، وهو مايعطيها شكلها العام ، ونطلق عليه عادة اسم الشكل الفراغي للجزيئات ، هو العامل الأساسي في منح هذه الجزيئات رائحتها المميزة ، بينما لايمثل تركيبها العام بتفاصيله الدقيقة شيئا هاماً في هذا المجال . والشكل الفراغي لكل جزيء لا يتغير مهما تعددت طرق تحضيره، ففي كل مرة يتكون فيها هذا الجزيء ، تترتب فيه الذرات بنفس الأسلوب ، ولهذا نجد للجزيء الواحد أو المادة الواحدة رائحة

ثابتة لاتتغير .

وفي عام ١٩٤٩ تقـدم العالـم الاسكتلنـدي مونكريف R. W. Moncrieff باقتراح نظرية جديدة لتفسير الطريقة التي تعمل بها حاسة الشم في الكائنات الحية . وقد جاء هذا الاقتـراح مشابهاً في إطاره العام لذلك الغرض الذي تقدم به « لوكرتيس » منذ ألفي عام وقـد تضمنـت هذه النظـرية أن أطـراف أعصـاب الشـم بها أنواع من الخلايا المتخصصة المعدة لاستقبال أبخرة المواد ، وأن بكل خلية موقعاً نشيطاً محدد الشكل لايستطيع أن يستقبل من الجزيئات إلا ما يتفق شكله وحجمـه مع شكل وحجم هذا الموقـع . وعنـد حدوث هذا التداخل بين أحد الجزيئـات والموقـع النشيط ، ترسـل إحدى النبضات إلى المخ للدلاله على الرائحة . وتوصف الرائحة في هذه الحالة بأنها رائحة أولية . وتشبه هذه الفكرة الى حد كبير طريقة « العاشق والمعشوق » التي يستخدمها النجار لتثبيت بعض الأجهزة الخشبية في البعض الآخر دون الحاجة الى استعمال المسامير .

ولتحديد معنى الرائحة الأولية ، قام أحد العلماء (جـون آمـور John E. Amoore بجامعة أوكسفورد) بحصر مئات من المواد التـي نعرفها والتي تتميز بروائحها الخاصة . وقد اتضح أنه يمكن عملياً تصنيف هذه المواد إلى سبع مجموعات رئيسية ، بحيث تشتـرك كل مجموعة منها في رائحة واحدة ، وأطلق على هذه الروائح السبع اسم « الروائح الأولية » أو « الروائح الأساسية » . وقد وجد هذا العالم أن هناك مايزيد على مائة مركب لها رائحة الكافور ولذلك اعتبرت رائحة الكافور رائحة أولية لتكرار ظهورها بين كثير من المركبات ،

على حين اعتبرت رائحة خشب السدر رائحة ثانوية لانها لاتتكرر إلا بين عدد قليل من المركبات والمواد لايزيد على عشرة . ومن المعتقد أن الرائحة الثانوية تنشأ عن اختلاط رائحتين أوليتين أو أكثر ، ولهذا فهي نادراً ما تتكرر .

وقد تم حصر الروائح السبع الأولية بصورة اجمالية كما يلي :

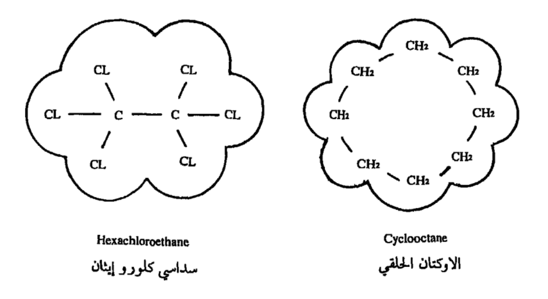
رائحة الكافور ـ رائحة المسك ـ رائحة الزهور ـ رائحة النعناع ـ رائحة الاتير ـ رائحة نفاذة ـ رائحة عفنه .

ومن الطبيعي أنه بمزج بعض هذه الروائح معاً ، يمكن تكوين عدد كبير من الروائح الطبيعية الأخرى ، وهي التي نسميها طبقاً لهذه النظرية بالروائح الثانوية ، وتتوقف طبيعة كل رائحة ثانوية على عدد الروائح الأولية المشتركة في الخليط ، ونسبة كل منها فيه . وقد ساهمت هذه النظرية إلى حد كبير في تبسيط الأمور ، فقد كنا نتصور أن هناك أعداداً لانهائية من الروائح ، ولكنها استطاعت أن تحصر كل هذه الروائح الطبيعية في عدد قليل من الروائح الأساسية أو الأولية ، ومنها يمكن اشتقاق كل أنواع الروائح الأخرى . ولاغرابة في ذلك ، فنحن نستخدم نفس هذه الفكرة في مجال الألوان ، فجميع الألوان التي نراها ، مهما اختلفت ، يمكن اشتقاقها من ثلاثة ألوان أولية ، هي الأحمر والأخضر والأزرق .

وتقتضي هذه النظرية أن تكون هناك سبعة مواقع استقبال في نهاية الأعصاب بمنطقة الشم يتخصص كل منها في استقبال الجزيئات المسببة لإحدى الروائح الأولية . وللتحقق من صحة هذه النظرية ،

ولإثبات أن الرائحة تعتمد أساساً على شكل الجزيء وحجمه ، أجريت بعض الدراسات الخاصة على عدد كبير من المركبات التي تعطينا الإحساس برائحة الكافور ، والتي يزيد عددها على مائة مركب .

لقد اتضح من هذه الدراسات أنه بالرغم من اشتراك كل هذه المركبات في رائحةواحدة وهي رائحة الكافور ، إلا أنه لايوجد هناك تشابه بينها في تركيب جزيئاتها ، بل كانت في الحقيقة تنتسب الى مجموعات مختلفة تمام الاختلاف من مجموعات الكيمياء العضوية . ويمكننا توضيح ذلك بمقارنة مركب الاوكتان الحلقي ، بمركب سداسي كلورو الايثان :



Hexachloroethane
سداسي كلورو إيثان

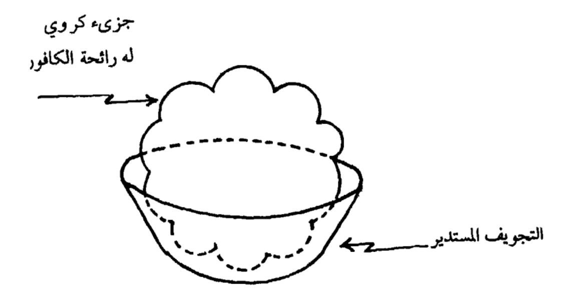
Cyclooctane
الاوكتان الحلقي

ويتبين من الصيغة الجزئية لهذين المركبين أنهما يختلفان كل الاختلاف في التركيب ، فالأول منهما هدروكربون لايحتوي جزيئه إلا على ذرات الكربون والهدروجين ، والثاني منهما مركب هالوجيني

يحتوي على ست ذرات من الكلور مرتبطة بذرتين من الكربون . وبالرغم من الاختلاف الكبير في تركيب هذين المركبين ، فإنهما يشتركان في رائحة واحدة تشبه رائحة الكافور ، ولابد أن هناك عاملاً آخر مشتركاً بينهما يؤدي الى هذا التشابه في الرائحة .

وعند بناء النماذج التي تمثل الشكل الفراغي لهذه الجزيئات وبعض الجزيئات الأخرى التي تشبه رائحتها رائحة الكافور ، تبين أنها تتشابه في شكلها الفراغي الى حد كبير ، فقد بدت كل هذه الجزيئات على هيئة كرة تكاد تكون كاملة الاستدارة ، كما تشابهت كذلك في أحجامها ، فقد كان متوسط اقطارها لايزيد على سبعة انجشتروم . (الانجشتروم يساوي جزءا من مائة مليون جزء من السنتيمتر) .

وتطبيقاً لهذه النظرية ، لابد أن يكون التجويف المخصص لاستقبال هذه المواد مستدير الشكل يشبه الوعاء ، ولايزيد قطره على سبعة (انجشتروم) .



كذلك فإن جميع الجزئيات الكروية الشكل لابد ان تكون لها رائحة الكافور . وقد تبين صحة هذا الفرض تماما فكانت جميع المواد ذات الجزيئات الكروية الشكل ، لها نفس الرائحة وتشبه رائحة الكافور الى حد كبير .

وبتطبيق هذه النظرية على بقية المواد المسببة للرائحة ، تبين أن جميع الجزيئات التي تشترك في رائحة أولية واحدة تكون جزيئاتها متشابهة في الشكل والحجم ، ومثال ذلك جميع المواد التي تعطينا الإحساس برائحة المسك كانت جزيئاتها مشابهة للقرص في شكلها العام ومتقاربة في حجمها الكلي ، ولاتزيد اقطارها على حوالي ١٠ (انجشتروم) . كذلك وجد ان جميع المواد التي تعطي رائحة الزهور ، كانت جزيئاتها متشابهة في شكلها الفراغي وتشبه قرصاً مستديراً تتصل بأحد جوانبه ذراع صغيرة تجعله اشبه ما يكون بالمقلاة التي تستخدمها ربة البيت .

وينبني على ذلك أنه لا بد ان، يكون هناك تجويف في منطقة الشم يشبه القرص لتتداخل فيه الجزيئات التي تعطي رائحة المسك ، وان يكون هناك تجويف آخر يشبه المقلاة لتتداخل فيه الجزيئات المسببه لرائحة الزهور وهكذا . وقد نجحت هذه النظرية البسيطة حتى الآن في تفسير جميع الحالات التي نعرفها وإن كانت هناك بعض الحالات الأخرى التي تشذ قليلاً عن هذه القاعدة .

ومن أمثلة هذه الحالات بعض المواد التي يمكن لها أن تعطينا الإحساس برائحتين ، وعند دراسة الشكل الفراغي لجزيئات هذه

المواد تبين أن جزيئاتها تستطيع أن تتداخل في التجـويف الـكروي فتعطينا الإحساس برائحة الكافور مثـلاً ، كما أنهـا قد تستـطيع في بعض الأحيان التداخل في بعض اوضاعها الخاصة في تجويف آخر ، فتعطينا الإحساس برائحة أخرى . ولايعتبر ذلك خروجاً على هذه النظرية ، بل يعتبر تأكيداً لها ، فقد استطاعـت أن تفسر لنـا بعض الروائح المزدوجة التي تعطيها بعض المواد المعروفة .

أما فيما يتعلق بالروائح النفاذة ، أو الروائح العفنة ، فقد تبين أن جزيئات المواد المسببة لمثل هذه الروائح متباينة في التركيب ومتنوعة في أشكالها الفراغية وبذلك يصعب تصنيفها في مجموعـات خاصـة كما فعلنا مع بقية الروائح . وقد اتضـح فيما بعـد أن الشـكل الفراغـي لجزيئات هذه المواد لايمثل العامل الأساسي في الاحساس بالرائحة ، بل إن الشحنة الكهربائية التي تحملها هذه الجزيئـات هي السبـب الرئيسي في ظهور الرائحة . فجميع المواد ذات الرائحة النفاذة تتصف بأن جزيئاتها إما أن تحمل شحنـة موجبـة أو تكون لهـا القـدرة على اجتذاب الالكترونات ، في حين ان المواد ذات الرائحة العفنة إما أن تحمـل جزيئاتهـا شحنـة سالبـة ، أو تكون لهـا القـدرة على منـح الالكترونات .

ولاتعتبر هذه النظرية صحيحة بالنسبة للإنسـان فقـط ، ولكنهـا تصلح للتطبيق كذلك بين أفراد مملكة الحيوان . فالنمـل ـ وكذلك النحل ـ يستقبل الرسائل الكيميائية على قرون الاستشعار ويتأثر بها في الحال ، مما يدل على أن قرون الاستشعار في هذه الحشرات تحتوي على تجاويف خاصة تتداخل فيها الأبخرة ، كل في تجويفه الخاص ،

فمواد الأثر تتداخل في تجاويف معينة ، ومواد الانـذار في تجـاويف أخرى ، ومن هنا كانت نوعية أثر هذه المواد .

كذلك يتضـح لنـا على الفــور نوعية المواد الجاذبــة للجنس في الحشرات ، وذلك لاختلاف أشكال التجاويف المستقبلة لهذه المواد في كل نوع ، ولذلك لايتأثـر أحـد الأنـواع بالمواد الجاذبـة للجنس المتطايرة من نوع آخر . كذلك سبق لنا أن بينا أنه من المستبعـد أن تستطيع الحشرات تعلم لغة بعضها الآخر ، وتؤكد لنا هذه النظرية استحالة ذلك ، لأن استقبال اللغة الكيميائية إنما يتـم في تجـاويف خاصة ، ويصعب علينا أن نتصور أن تتغير اشكال هذه التجاويف وأحجامها في أحد الأنواع ، لتشبه تجاويف نوع آخر ، فان هذا يعني تغييراً كاملاً لنوع الحشرة .

وحاسة الشم حاسة رئيسية عند مختلف الكائنات ، وهـي تعتبـر مكملة لحاسة التذوق ، بل ان حاسة التذوق تعتمـد على الشم كل الاعتماد . ونحن لانعرف من الطعوم الا أربعة أنواع هي : الحلو ، والمر، والمالح، والحمضي. وهـذه الأنـواع الأربعـة لاتكفـي لوصف مئات الأنواع من الأطعمة وطعومها المختلفة التي نحس بها كل يوم ، ولكن حاسة الشم تتولى استكمال إحساسنا بالطعـم فهـي المسئولـة عن ٩٠٪ تقريباً من حاسة التذوق . ولعلنا جميعا نتذكر أننا لانحس بطعم المأكولات عند إصابتنا بالزكام ، وأننا كنا نسـد أنوفنا ونحـن صغار بمسكها بأصابع اليدين حتى لانشعر بطعم « شربة » الدواء ، وذلك كي نمنع مرور الهواء المحمل بأبخرة هذه « الشربة » على منطقة الشم فلا نحس برائحتها وبالتالي لانحس بطعمها .

وتناولنا للطعام عبارة عن عملية مزدوجة ، فعند خلط الطعام باللعاب في الفم تتصاعد منه بعض الأبخرة الطيارة وتتجه إلى مؤخرة الأنف من الداخل ، وهناك تتلامس هذه الأبخرة مع نهايات الأعصاب في منطقة الشم ، ونحن بذلك لانتذوق الطعام فقط ، بل نشمه كذلك اثناء عملية المضغ .

ولاشك أن المعلومات التي تستطيع حاسة الشم أن تقدمها للمخ عن الطعام تزيد كثيراً على المعلومات الواردة اليه عن طريق التذوق ، وذلك لأن حاسة الشم تستطيع أن تميز بين آلاف من الروائح الأولية والثانوية وغيرها . وتتعاون هاتان الحاستان معا في نقل المعلومات المطلوبة الى المخ بلغة الكيمياء .



ـ٥ـ

لغة الكيمياء

داخل الأجساد الحية

رأينا في الأبواب السابقة أن بعض أفراد الكائنات الحية قد استطاعت أن تتبادل الأخبار والمعلومات فيما بينها باطلاق بعض المواد الكيميائية في الهواء كما في حالة مواد الأثر ومواد الإنذار وجاذبات الجنس . ولا يقتصر استعمال الرسائل الكيميائية على الحالات التي ذكرناها فقط ، ولكن هذه الرسائل تستخدم كذلك لنقل المعلومات وإصدار الأوامر والتعليمات داخل جسد الكائن الحي .

وتتكون جميع الكائنات الحية من وحدات صغيرة تعرف بالخلايا ، فكل كائن حي سواء كان بكتريا أو إنسانا لابد وأن يتكون من هذه الخلايا . ويمكننا أن نقدر مدى أهمية الخلية الحية إذا علمنا أننا نبدو على الصررة التي نرى بها أنفسنا بسبب هذه الخلايا التي تكون جسدنا ، وإذا أدركنا أن نسمة الهواء التي نستنشقها هي من عمل خلية الرئة وخلية الدم ، كذلك فإن كل خطوة نخطوها ، وكل حركة نقوم بها ، وكل كلمة نقولها هي في الحقيقة نتاج للتعاون بين آلاف من خلايانا العضلية والعصبية .

وفي معرض الحديث عن الخلية الحية ، لابد وأن نتمعن قليلا في معنى الحياة ! ولو أننا سألنا انفسنا ما هي الحياة ! لما وجدنا إجابة شافية لهذا السؤ ال ! ولقلنا إن الحياة هي إحدى الظواهر الرائعة في

هذا الكون ، وهي تختلف كثيرا عن كل ما يحـويه هذا الـكون من أعاجيب ، بل وتفوقها روعة وجمالا .

ونحن نعرف بالسليقة أن هناك أشياء حية ، وأشياء أخرى غير حية . فالإنسان والحصان والشجرة والزهرة ، كلها كائنات حية ، على حين توصف الصخور والجبال والمناضد والمقاعد وبعض الأشياء الأخرى التي يصنعها الانسان ، بأنها أشياء جامدة خالية من الحياة . ويصعب علينا كثيرا أن نفرق بين الشيء الحي وغير الحي إلا بعد أن نتدارس بعض الفروق الهامة القائمة بين كل من هذين النوعين ، وهي فروق تهدينا فقط الى التعرف على الشيء الحي ، ولكنها لا تفيدنا في معرفة مفهوم الحياة .

وأول هذه الفروق أن جميع الأشياء الحية دون استثناء تتكون من مادة معقدة التركيب تعرف باسم « البروتوبلازم » « Protoplasm »وهي مادة هلامية تقع داخل الخلايا ، وتتم فيها جميع الأنشطة الحية والتفاعلات الحيوية المصاحبة للحياة .

والفرق الثاني بين الأشياء الحية وغير الحية ، هو الحساسية الشديدة للكائن الحي بما حوله من ظروف . . . ونحن لا نعني هنا بالحساسية أن الكائن الحي كالانسان أو الحصان سريع التأثر عاطفيا أو سريع الغضب ، ولكننا نعني أن الكائن الحي سريع الاستجابة

للتغيرات التي قد تحدث في البيئة المحيطة به .

ويمكننا أن نتصور ذلك اذا قارنا بذرة نباتية تحت سطح التربة بما حولها من حبات الرمال . سنلاحظ أن حبات الرمال قد تتعرض لدرجات مختلفة من الحرارة والرطوبة ، ولكنها لا تتغير ولن تتغير ، بل ستبقى كما هي حبات من الرمال ولا شيء غير ذلك . أما البذرة النباتية فهي قد تبقى ساكنة فترة من الزمان ، ولكنها تبدأ في التغير إذا تعرضت التربة لحرارة الشمس وبللتها مياه الأمطار . فتبدأ البذرة في دفع جزء منها وهو الجذر ، في باطن التربة ، وتدفع بجزء آخر ، وهو الساق ، خارج التربة في الهواء . وما هي إلا فترة زمنية محدودة حتى تتحول هذه البذرة الصغيرة إلى شجرة كبيرة باسقة .

والفرق الثالث بين الأشياء الحية وغير الحية ، هو تلك الظاهرة التي نسميها بظاهرة النمو . وقد تنمو الأشياء غير الحية عن طريق التجميع ، فهي قد تضيف الى مادتها الأصلية شيئا من البيئة المحيطة بها ، ولكنها في كل مرة تفعل ذلك تضيف شيئا مماثلا لها ومن نفس مادتها . ومثال ذلك بلورة السكر ، فهي قد تنمو وتكبر في الحجم اذا وضعت في محلول مشبع من السكر في الماء ، ولكن هذه البلورة مهما كبرت فستبقى بلورة سكر ولن يتغير تركيبها . أما الاشياء الحية ، فهي تنمو بطريقة أخرى تختلف عن ذلك كل الاختلاف فالطفل ينمو بعد أن يتناول طعاما يختلف في تركيبه الكيميائي عن مادة جسده ، وهو يحول هذا الطعام عن طريق عشرات من التفاعلات الكيميائية الى مادة جديدة يضيفها الى مادة جسده الأصلية .

وعلى هذا فإن الطفل ينمو بعد أن يتناول البيض واللبن والخبز واللحم ، ويحولها فيما يعرف بعملية التمثيل الغذائي الى مادة جسده ، ولن نستطيع مهما فعلنا أن نجد أثرا لهذه المواد في عضلاته أو في أي مكان من جسده ، فهي قد تغيرت تماما وأصبحت جزءا لا يتجزأ من كيانه .

والفرق الرابع الذي يميز الأشياء الحية عن غيرها من موجودات هذا الكون هو تلك الظاهرة المعروفة بظاهرة التكاثر . فالانسان وأنواع الحيوان مثل القطط والكلاب لها جميعا صغار تنمو تدريجيا حتى تتحول إلى كائنات بالغة تشبه آباءها . وحتى النباتات تعطي بذورا تتحول بذورها بمرور الوقت الى نباتات يانعة تشبه جنسها . ونحن لا نعرف هذه الخاصية في الأشياء الجامدة غير الحية ، فالصخرة ليس لها صغار تكبر مع الزمان ، والجبل ليس له أبناء تتحول إلى جبال بمرور الزمان .

ورغم معرفتنا بكل هذه الفروق بين الأشياء الحية وغير الحية ، فمازلنا لا نعرف شيئا ما عن الحياة نفسها ، وكل ما نعرفة عنها أن الحياة ظاهرة فريدة تصاحب تلك التفاعلات الكيميائية والتغيرات الحيوية التي تحدث داخل الخلايا .



ـ٦ـ

الخليّة الحيّة

الخلية الحية هي وحدة البناء الأساسية في الكائنات الحية دون استثناء ، وهي تمثل عالما قائما بذاته على درجة بالغة من التعقيد، فتحتوي كل منها على آلاف من الجزيئات العضوية مختلفة التركيب ، كما تتم فيها مئات من التفاعلات الكيميائية المعقدة ، وتجري فيها جميع العمليات الحيوية الهامة في يسر ودقة . وقد كان العالم الانجليزي روبرت هوك عام ١٦٦٥ هو أول من لاحظ وجود بعض التقسيمات المنتظمة في رقائق الفلين وأطلق عليها اسم الخلايا « cells » ، كذلك ، كان أحد العلماء الهولنديين هو أول من وصف الخلية الحيوانية عام ١٦٧٣ .

وحتى أقل من جيل مضى ، كانت الخلية الحية مجهولة التفاصيل ، ومنطقة غير محددة المعالم ، وحتى عام ١٩٥٠ لم يكن لدى العلماء شيء كثير من المعلومات عن الخلية الحية .

والخلية الحية ذات حجم متناه في الصغر ، فتحتوي كل بوصة مربعة من جلد الانسان على حوالي مليون من هذه الخلايا ، بينما يحتوي جسم الانسان على ما يقرب من مائة تريليون خلية أو اكثر ، ويتركب مخه من حوالي ثلاثين بليون خلية .

وتسبح الخلايا التي تكون الجسد الحي في بحر من المياه يمكن

تسميته بالبحر الداخلي فهي تحتوي على ٤٠٪ من الماء الموجود بالجسم، بينما يمثل الماء الموجود خارجها حوالي ١٥٪ من وزن الجسم على حين يبلغ وزن الماء الموجود بالدم حوالي ٥٪ من وزن الجسم باعتبار ان الماء يكون حوالي ٦٠٪ من الوزن الكلي لجسم الانسان .

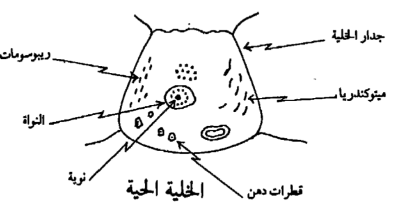
وتأخذ الخلايا احتياجاتها من الغذاء ومن الأكسجين من السوائل المحيطة بالخلية ، كما أنها تتخلص من نواتج عملياتها الحيوية غير المرغوب فيها بإفرازها في هذا الماء ، ومنه يلتقطها الدم ليحملها الى الكليتين . وعندما يكون الكائن الحي وحيد الخلية ، أي يتكون من خلية واحدة مثل البكتريا ، فلابد له أن يبحث عن وسط يحتوي على الماء كي يعيش فيه ، والا تعرض هذا الكائن للجفاف والهلاك . وفي مثل هذه الحالات تقوم الخلية الواحدة المفردة بجميع الوظائف الحيوية اللازمة للكائن الحي دون استثناء ، فهي تقوم بالحركة وبالتنفس ، وبعمليات الأيض ، وبالدفاع دون أن يكون لها تخصص واضح .

أما في الحيوانات العليا ، وفي الإنسان ، فإن تخصص الخلايا يبلغ أقصى مداه ، فنجد أن هناك مجموعات متشابهة من الخلايا يتخصص كل منها في القيام بوظائف محددة لا تحيد عنها ، فهناك مثلا جهاز خاص للهضم وامتصاص الطعام ، وجهاز خاص بالتنفس وظيفته امتصاص الاكسجين والتخلص من ثاني اكسيد الكربون ، وجهاز بولي للتخلص من الفضلات الضارة بالجسم ، وجهاز للتناسل ونقل الصفات الوراثية من كائن لآخر ، وجهاز آخر يتكون من مجموعات

خاصة من الخلايا تتجمع على هيئة غدد وظيفتها التنسيق الكامل بين بقية الوظائف والعمليات الأخرى ، بالإضافة الى جهاز حاكم هو المخ .

ونظرا لهذا التخصص الرفيع ، فإنه لا يمكن القول بأن هناك خلية مثالية يمكن لها أن تمثل بقية الخلايا تمثيلا دقيقا ، ومع ذلك فإن هناك كثيرا من الصفات المشتركة وأوجه الشبه بين كل هذه الأنواع من الخلايا .

وتتكون الخلية بصفة عامة من جدار يعطيها شكلها العام ، ويقع بداخل هذا الجدار ذلك السائل الهلامي الذي نعرفة باسم السيتوبلازم ، ويعج هذا السائل بالنشاط الكيميائي وبالحركة الدائبة ، وتسبح فيه مئات من الجسيات المختلفةالأشكال والأنواع ، فمنها الكروي ، ومنها المستطيل، وهي تعرف بأسماء مختلفة ، مثل « الرايبوسومات » التي يجري عندها تشكيل جزيئات البروتينات ، و « السنتريولات » ، وقطرات الدهن ، و« الميتوكوندريا » التي توصف أحيانا بأنها محطة القوى التي تدفع بالطاقة اللازمة في أرجاء الخلية .



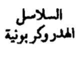
الخلية الحية

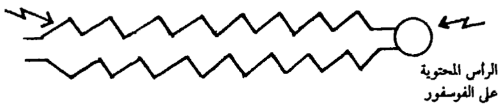
ويتصف جدار الخلية بأهميته البالغة ، فهو الذي يتحكم في المواد الداخلة أو الخارجة من الخلية ، وهو يوصف عادة بأنه شبه منفذ ، أي يسمح لبعض المواد بالنفاذ منه بينما يمنع بعضها الآخر . ويبلغ جدار الخلية حدا فائقا من الرقة ، فيبلغ سمكه حوالي ٧٥ انجشتروم (الانجشتروم يساوي جزءا من مائة مليون جزء من السنتيمتر) ، وهذا الجدار صلب إلى حد ما في الخلايا النباتية ويتكون من السليولوز ، ولكنه في الخلايا الحيوانية يتكون من بعض الجزيئات العضوية الكبيرة التي تترتب بجوار بعضها البعض في نظام خاص . ويتركب جدار الخلية الحيوانية من بعض الجزيئات العضوية الدهنية التي تعرف باسم « الفوسفولبيدات » لاحتوائها على الفوسفور .

وتتركب جزيئات الدهون بصفة عامة باتحاد بعض الأحماض العضوية ذات السلاسل الطويلة ، والتي تعرف باسم الاحماض الدهنية (لوجودها دائما في الدهن) مع الجليسرين . وتتكون الفوسفولبيدات بنفس الأسلوب ، فهي تتكون باتحاد الجلسرين مع جزيئين من الحمض الدهني بينما يكون الجزيء الثالث عبارة عن مجموعة تحتوي على حمض الفوسفوريك متحدا مع قاعدة عضوية ، ويمكننا تمثيل ذلك بجزيء الليثيسين كما يلي :

```
   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2
  /   \ /   \ /   \ /   \ /   \ /   \ /   \ /   \
CH3   CH2   cH2   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2COO CH2
                                                        |     O        ⊕ CH3  ⊖
                                                        |    //         /
                                                       CHO PO CH2CH2N - CH2OH
                                                        |    \          \
                                                        |    OH          CH3
CH3   CH2   cH2   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2COO CH2
  \   / \   / \   / \   / \   / \   / \   / \   /
   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2   CH2
```

ويمكن تبسيط جزيء الفوسفولبيد السابق تبسيطا كبيرا إذا رمزنا لرأس الجـزيء الـذي يحتـوي على الفوسفـور والقاعـدة العضـوية بدائرة ، ومثلنا السلاسل الهدروكربونية الطويلة بخيوط أو أهـداب كما في الشكل التالي :





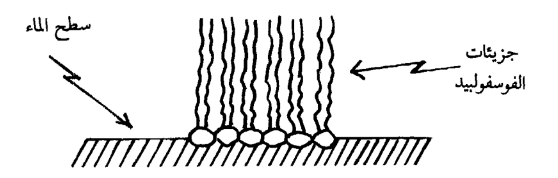
جزيء الفوسفوليبيد

وتتحكم في ترتيب جزيئات الفوسفولبيد في جدار الخلية ، خاصية طبيعية يعرفها جميع دارسي الكيمياء ، وهي تتـوقف على مدى حب الجزيء أو كرهه للماء .

وهناك نوعان من الجزيئات العضوية ، نوع منها يحت على بعض المجموعات الخاصة مثـل مجموعـات الهـدروكسيل ، أو يحتـوي في بعض أجزائه على شحنـة كهربـائية ، تساعـده على جمـع كثـير من جزيئات الماء حوله وتيسر له الانغماس في الماء إن وجد ، ويعرف هذا النوع بأنه « محب للماء » . أما النوع الثاني من الجزيئات العضوية فيسمى «كاره للماء » وينطبق ذلك على جميع الجزيئات التي تتـكون من عنصري الكربـون والهيدروجـين فقـط مثـل السلاسـل الهدروكربونية في جزيء الفوسفولبيد ، وهذه الجزيئات تشبه الشمع

في هذه الخاصية ، فالشمع لا يبتل بسهولة فهو كاره للماء لأنه يتكون من سلاسل من الكربون والهيدروجين فقط ، بينما تبتل خيوط القطن بسهولة لأنها تتركب من السليولوز الذي يحتوي على عدد كبير من مجموعات الهيدروكسيل .

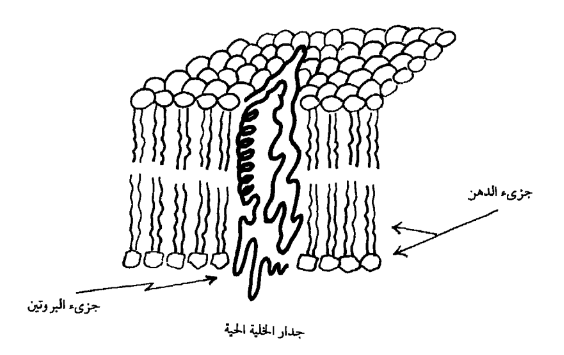
وبتطبيق هذه القاعدة على جزيئات الفوسفولبيد المكونة لجدار الخلية الحية ، نجد أنها تتصرف تلقائياً بما يتمشى مع خواصها المحبة أو الكارهة للماء ، فرءوس هذه الجزيئات المحتوية على الفوسفور مشحونة بشحنة كهربائية تجعلها تنجذب لجزيئات الماء وتنغمس فيه ، بينما بقية الجزيء المتكون من السلاسل الهدروكربونية التي تشبه الشمع تكره الماء وتتنافر معه فتتجه بعيدة عنه .



ولا تحيد جزيئات الدهن (الفوسفولبيدات) ابداً عن هذا التصرف مهما كانت الظروف ، فحيثما وجد الماء نجد أن الرءوس الفوسفورية تنغمس فيه بينما تمتد السلاسل الهدروكربونية في الفراغ بعيداً عن الماء .

وبما أن الخلية تسبح في الماء داخل الجسم كما ذكرنا من قبل ، فإن

هذا يؤدي الى ازدواج جدار الخلية فيتكون من طبقتين من الجزيئات الدهنية ، فتتجه الرءوس الفوسفورية أو الكرات في الطبقة العليا إلى الخارج ملامسة للماء خارج الخلية ، على حين تتجه الرءوس الفوسفورية للطبقة السفلى نحو الداخل ملامسة للماء داخل الخلية ، بينما تقع السلاسل الهدروكربونية لطبقتي جزيئات الفوسفولبيد في وسط الجدار مبتعدة عن الماء .



جدار الخلية الحية

ويشترك مع جزيئات الفوسفولبيدات في تكوين جدار الخلية الحية نوع آخر من الجزيئات العضوية التي تعرف باسم البروتينات . والبروتينات جزيئات عملاقة تتركب من مئات الذرات، وهي تتكون باتحاد عديد من الأحماض الامينية المحتوية على النتروجين . وتتخلل بعض جزيئات البروتين التركيب السابق لجدار الخلية في بعض

المواضع وهي قد تبرز خارج الخلية ، أو قد تمر خلال الجدار كله وتبرز منه نحو الداخل والخارج معا .

وتترتب جزيئات البروتينات داخل جدار الخلية طبقاً للخاصية الطبيعية التي سبق ذكرها ، وهي مثل جزيئات الفوسفولبيدات ، لايبرز منها في الماء خارج أو داخل الخلية الا الأجزاء التي تحمل شحنة كهربائية والمحبة للماء . أما بقية جزيء البروتين غير المشحونة فهي كارهة للماء ، ويبقى وسط الجدار بين السلاسل الهدروكربونية لجزيئات الفوسفولبيدات .

ويتبين من ذلك أن جدار الخلية يتكون من مئات من الجزيئات المتراصة التي تحتشد بجوار بعضها البعض دون أن يربطها رباط كيميائي . ولايعني هذا أن جدار الخلية ضعيف التكوين ، بل هو متماسك بدرجة كافية نتيجة لقوى التجاذب القائمة بين هذه الجزيئات وكذلك نتيجة لقوى التجاذب بين رءوسها الفوسفورية وبين جزيئات الماء الموجود داخل الخلية وخارجها .

وتلعب جزيئات البروتينات التي تتخلل جدار الخلية دوراً فعالاً في نشاط الخلية ، فهي تستقبل أنواعاً مختلفة من الجزيئات والهرمونات وبعض الايونات ، وتعمل كقنوات تساعد على عمليات التبادل بين السيتوبلازم داخل الخلية ، وبين الوسط المائي الواقع خارجها . كذلك تلعب جزيئات البروتين البارزة على السطح الخارجي للجدار دوراً هاماً في عمليات الدفاع والأمن داخل جسد الكائن الحي ، وهي تسمى العلامات الجزيئية التي تميز خلايا الكائن الحي من غيرها من

الخلايا الدخيلة ، وبذلك تساعد الأجسام المضادة على التعرف على خلايا جسدها فتتركها وتهاجم الخلايا الدخيلة الأخرى وتشبه هذه الجزيئات بذلك العوامات المضيئة التي تطفو على سطح البحر في مداخل الموانىء ليلاً لهداية السفن الى مداخل الميناء .

وبالرغم من أن جدار الخلية يتكون من جزيئات متراصة لارابط بينها ، إلا أن هذه الجدران تكفي لحفظ حدود كل خلية والاحتفاظ بشخصيتها ، فهذه الجدران تمنع انتقال السوائل بحرية مطلقة داخل جسد الكائن الحي ، وتشبه هذه الجدران تلك التقسيمات التي تقام في باطن ناقلات البترول لتقسيمها إلى عنابر صغيرة حتى لاتتحرك حمولتها من البترول بحرية مطلقة تحت تأثير أمواج البحر . كذلك تساعد هذه الجدران على التحكم في أنواع الجزيئات التي تدخل كل خلية أو تغادرها ، وهي بذلك تساعد بطريقة غير مباشرة على تخصص الخلايا الذي نشاهده في الحيوانات العليا وفي الإنسان .

وللخلية الحية نواة مستديرة الشكل تقريباً تقع في وسط الخلية ويحيط بها السيتوبلازم من كل جانب . وتعتبر النواة من أهم مكونات الخلية الحية ، فهي المسئولة عن حياة الخلية وانقسامها وتكاثرها ، ولو أننا قسمنا إحدى هذه الخلايا إلى نصفين ، لوجدنا أن النصف الخالي من النواة يفقد القدرة على الانقسام ويموت بعد فترة من الزمن ، بينما يستمر النصف الآخر المحتوي على النواة في أداء وظائفه المعتادة .

وتحتوي النواة على أجسام صغيرة تعرف باسم الكروموسومات (الصبغيات) وهي تلك الأدوات الخاصة بحمل جميع العوامل

الوراثية التي تحدد الصفات المميزة لكل كائن حي . ويتكون كل كروموسوم من غلاف من البروتين يوجد بداخله جزيء عملاق يعتبر من أهم الجزيئات العضوية التي توجد بجسم الكائن الحي ، ويعرف باسم حمض ديزوكس رايبوز النووي ، ويرمز له بالرمزDNA « دينا » ، وهو الذي يحمل الرسائل أو الوحدات الوراثية التي تعرف باسم « الجينات »

وتحتوي أغلب النوى على نويات صغيرة هي عبارة عن تجمعات من حمض نووي آخر يعرف باسم حمض رايبوز النووي ويرمز له بالرمزRNA ، وهو المسئول عن تخليق البروتينات طبقا للشفرة التي يحملها .

وهكذا فإن كل خلية في جسد الكائن الحي تعتبر عالماً قائماً بذاته ، له شخصيته وله وظيفته الخاصة في بعض الأحيان ، وتعج كل خلية من خلايا الكائن الحي بالنشاط والضجيج الكيميائي ، وتلعب كل من هذه الخلايا دورها المرسوم بكل دقة وعناية ، ويتشكل من مجموع نشاطاتها في نهاية الأمر الشكل النهائي للكائن الحي .



ـ٧ـ

مفردات اللغة الكيميائية في الخلية الحية

تتعامل الخلية الحية أثناء القيام بوظائفها الحيوية مع مئات من أصناف وأنواع الجزيئات الكيميائية التي تتباين في تركيبها وفي وظائفها . وتسبح هذه الجزيئات في ذلك السائل الهلامي المسمى بالسيتوبلازم والذي يملأ الخلية الحية ، وهو المسئول عن كل النشاط الحيوي في جسد الكائن الحي ، ففيه تحدث جميع التغيرات الكيميائية التي تؤدي الى هضم الطعام والنشاط العضلي وعمليات الأمن والدفاع وغيرها من الوظائف الحيوية .

والماء هو الوسط الذي تتم فيه كل التفاعلات الكيميائية داخل الخلية ، وهو يكون حوالي ٦٠ـ ٩٠٪ من السيتوبلازم ، وهو يمتلىء بأصناف متعددة من المواد الكيميائية ، مثل الأملاح المعدنية ، فهناك اتزان دقيق بين ايونات الكلسيوم وايونات الصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم . وتوجد هذه الأملاح في البروتوبلازم بنسبة وجودها في ماءالبحر تقريبا، واستخدم بعض علماء البيولوجيا هذه الملاحظة في القول بأن الحياة بصفة عامة قد نشأت في البحار والمحيطات .

ولكل من هذه الأملاح أو الأيونات مهامه الخاصة في الخلية ، فأيونات الصوديوم تساعد على ضبط عملية انتشار المواد خلال جدار الخلية ، وأيونات البوتاسيوم تساعد على توصيل النبضات العصبية

وعلى تقلص العضلات وأيونات الكلسيوم تسرع في عمل الانزيمات وهكذا .

ويمكن تقسيم المواد العضوية المساندة للحياة ، والتي توجد في الخلية الحية وتساهم بقدر كبير في نشاطها الحيوي، إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي الدهون والكربوهيدرات والبروتينات . وتستحق منا هذه الاقسام الثلاث وقفة قصيرة لأنها تمثل أهم مفردات لغة الكيمياء في الجسد الحي .

الدهون :

الدهون مركبات بسيطة تتكون باتحاد بعض الأحماض العضوية ذات السلاسل الطويلة مع الجليسرين . وبعض هذه الدهون لايذوب في الماء ، ولذلك تبقى منتشرة في بروتوبلازم الخلية على هيئة قطرات صغيرة الحجم . وقد ترتبط بعض هذه الدهون بذرات بعض العناصر الأخرى مثل الفوسفور والنتروجين كما سبق أن رأينا في حالة جدار الخلية الحية ، وتساعد مثل هذه المجموعات على ارتباط جزيئات الدهن بجزيئات الماء ، وتجعلها أكثر قدرة على الاختلاط بما حولها من سوائل .

وتعتبر الدهون مصدراً هاماً من مصادر الطاقة في الخلية الحية ، فعندما تتأكسد يتحول مابها من ذرات الكربون الى ثاني اكسيد الكربون ، ويتحول مابها من هيدروجين الى الماء ، وينتج من هذه الأكسدة قدر كبير من الطاقة ، أكبر مما تعطيه المواد الأخرى الموجودة

بالسيتوبلازم . وتتم عملية الأكسدة في الخلية ببطء كبير ، وتخزن الدهون في أنسجة خاصة لاستخدامها عند الحاجة .

الكربوهدرات :

الكربوهدرات مواد عضوية تتكون من عناصر الكربون والهيدروجين والاكسجين ، ويوجد بها العنصران الأخيران بنسبة وجودهما في جزيء الماء وتوجد هذه المواد الكربوهدراتية على أشكال متعددة ، مثل الجلوكوز (سكر العنب) والفركتوز (سكر الفاكهة) ، والسكروز وهو سكر القصب الذي نستخدمه كل يوم . وقد تتحد بعض جزيئات الكربوهدرات البسيطة السابقة لتكون جزيئات اكبر منها لاتقبل الذوبان في الماء مثل النشا الذي يوجد في درنات بعض النباتات أو السليولوز الذي يكون جدران الخلايا النباتية ويعطي النبات شكله العام .

وبخلاف النشا النباتي الذي يملأ درنات البطاطس أو حبات القمح ، فهناك نوع آخر من النشا الحيواني يعرف باسم « الجليكوجين » وينتشر في خلايا الكبد وخلايا العضلات ، ويعتبر مصدراً رئيسياً من مصادر الطاقة في الكائن الحي . وهناك فرد من أفراد هذه المجموعة ذو أهمية خاصة ، ويسمى بسكر الرايبوز ، وهو يتحد مع الفوسفور ومع بعض الامينات العضوية ليعطي تلك الجزيئات الهامة المعروفة باسم الأحماض النووية والتي تعرف باسم DNA،RNA (على هيئة ديزوكسي رايبوز)،وهي الجزيئات العملاقة التي توجد بنوى الخلايا وتحمل الصفات الوراثية في الكائن الحي .

البر وتينات :

ربما كانت جزيئات البر وتينات التي يجري تصنيعها في الخلية الحية من أهم مفردات اللغة الكيميائية السائدة في هذه الخلايا . والبر وتينات جزيئات عضوية عملاقة تتكون من مئات من ذرات الكر بون والهيدر وجين والنيتر وجين والأكسجين .

وأهمية البر وتينات في أنها تكون أكثر من نصف المواد الصلبة التي يتكون منها جسم الانسان . وبجانب كونها أداة هامة للحركة حيث تتكون منها أنسجة العضلات ، فهي تقوم بعديد من العمليات الحيوية الاساسية ، فهي تشارك في عمليات الهدم والبناء ، كما أنها تتولى عمليات الدفاع الحيوي داخل جسد الكائن الحي .

وتتكون البر وتينات باتحاد نوع من الأحماض العضوية يعرف باسم الأحماض الامينية . ويوجد من هذهالأحماض الأمينية عشرون نوعاً ، وهي تتميز جميعاً بوجود مجموعة قاعدية في جزيئاتها بالاضافة الى المجموعة الحمضية المميزة للحمض ، ولاتختلف هذه الأحماض الامينية إلا في تركيب المجموعة المتصلة بهاتين المجموعتين . ويتم الاتحاد بين الاحماض الامينية لتكوين سلسلة طويلة تتفرع منها المجموعات الجانبية ، وعلى ذلك فان جميع البر وتينات تحتوي جزيئاتها على نفس السلسلة ولكنها تختلف فقط في المجموعات الجانبية المتصلة بهذه السلاسل من بر وتين لآخر .

$$\cdots + \underset{\substack{|\\R}}{\overset{\substack{H\\|}}{H_2N\text{-}C\text{-}COOH}} + \underset{\substack{|\\R_1}}{\overset{\substack{H\\|}}{H_2N\text{-}C\text{-}COOH}} + \cdots \longrightarrow$$

حمض اميني　　　حمض اميني

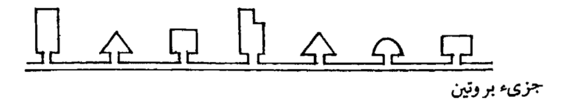
المجموعة الجانبية
سلسلة البروتين

$$-HN\text{-}\underset{}{\overset{R}{CH}}\text{-}CONH\text{-}\overset{R_1}{CH}\text{-}CONH\text{-}\overset{R}{CH}\text{-}CO-$$

جزيء البروتين

ويمكننا أن نتصور الاحتمالات الهائلة التي تنشأ عن اتحاد عشرين حمضاً امينياً مختلفاً مع بعضها البعض لتكوين مثل هذه السلاسل البروتينية.ويمكن تشبيه الأحماض الامينية في هذه الحالة بحروف اللغة ، والسلاسل البروتينية بالكلمات أو الجمل ، فكما نستطيع أن نكون أعداداً هائلة من الكلمات والجمل من عدد محدود جداً من الأحرف ، فإننا نستطيع كذلك أن نكون آلافاً من هذه السلاسل البروتينية باتحاد الأحماض الامينية بمجرد التغيير في ترتيب وحدات هذه الأحماض على طول السلسلة .

وعلى ذلك فإن الاختلاف الحقيقي بين بروتين وآخر يعتمد على شيئين : الأول منهما يتعلق بنوع الأحماض الامينية الداخلة في تركيب هذه السلسلة ، والثاني يعتمد على الترتيب الذي تتخذه هذه الأحماض داخل السلسلة . ويمكن تبسيط هذه الحقيقة بالشكل التالي :



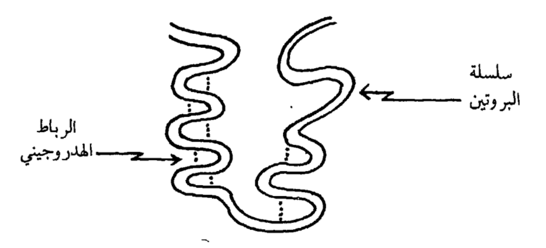
جزىء
بروتين آخر

وهـذا التنـوع في ترتيب وحـدات الأحمـاض الامينية على طول السلسلة البروتينية يعطي أعداداً هائلة من البروتينات المتنوعة التـي يختلف كل منها عن الآخر في خواصة ونشاطه ، وبذلك يمكن القول بأن كل نوع من الخلايا يقوم بتصنيع البروتينات الخاصة به ، والتي تتناسب مع نشاطاته المختلفة ، فالبروتينات التي تصنعها خلايا الرئة تختلف عن البروتينات الموجودة بخلايا الكلية أو بالخلايا العضلية . ويبدو من ذلك أن كل خلية تصمم بروتيناتها بشكل خاص يتفق مع الغرض المطلـوب منهـا ، ويشبـه ذلك اختـلاف أدوات النجـار أو الصانع مثل المطرقة والكماشة والمفك والمنشار ، فهي جميعا تصنع من نفس المادة ، ولكن كلا منها قد صمم لأداء مهمة خاصة .

وقد تحتوي سلسلة البروتين على ألف وحدة أو اكثر من وحدات الأحماض الامينية ، ولهذا لا تبقى هذه السلاسل الطويلة منبسطة على الدوام ، بل إن أغلب السلاسل البروتينية تنثني وتلتف حول نفسها على هيئة لولب أو حلـزون . ويحـدث هذا الانثنـاء والالتفـاف في

سلاسل الجزيئات البـروتينية نتيجـة للتجـاذب الـذي يحـدث بـين مجموعات الببتيد المكونة لها ، فيحدث نوعا من التنافس بـين ذرات الاكسجين وذرات النتروجين في الإمساك بذرات الهيدروجين ، مما يؤدي الى التقارب بين مكونات السلسلة البـروتينية واتخاذهـا ذلك الشكل الحلزوني .

ويطلق على ذلك التنافس بين الذرات للإمساك بالهيدروجين اسم الرباط الهيدروجينـي ، ورغـم ضعف هذا الربـاط بالنسبـة لأنـواع الروابط الأخرى التي تقـوم بـين الـذرات ، حيث لا تزيد إلا عدة مرات على الطاقة اللازمة للتذبذب الحـراري للجزيئـات في درجـة حرارة الغرفة ، الا أن تكرار هذا الرباط أو آلاف المرات يجعله شيئا محسوسا ويؤدي الى شدة التماسك بين أطراف السلسلة .



ويتضح من هذا التنوع الهائل في تركيب الجزيئات البروتينية ، أن كل خلية لها بروتيناتها وأن كل كائن حي له تراكيبه الخاصة به ، ومع ذلك فقـد تبـين من بعض البحـوث الحديثـة ، أن خلايا الأنسجـة المتشابهة في الحيوانات المختلفة لها نوع من الميل بعضها إلى بعض ،

فقد أمكن وضع أنسجة من كلية الفئران مع أنسجة من كلية الدجاج في محاليل خاصة ، لتنمو معا وتعطي هجينا جديدا اطلق عليه اسم « الانسجة الكاذبة » «pseudotissues» .

ولاشـك أن مثـل هذه التجـارب قد تعـود بالنفـع يومـا ما على الانسان ، وتساعد على اصلاح الأنسجة التالفة باستخـدام أنسجـة مقابلة من بعض الحيوانات الأخرى .



-٨-
الانـزيـمات

الإنزيمات إحدى المفردات الهامة في لغة الـكيمياء داخـل جسـد الكائن الحي ، وهي تساعد على ترجمة الأوامر الصادرة في الخلية الى واقع ملموس وهي المسئولة عن كل عمليات الهدم والبناء التي تقوم بها الأجسام الحية .

وتعتبر الطريقة التي تنجز بها الخلية تفاعلاتها الكيميائية في يسر ودقة إحدى الظواهر التي طالما أثارت إعجاب علماء الكيمياء . فمن المعروف أن مثل هذه التفاعلات المعقدة التي تتم بسهولـة تامـة في الخلايا الحية ، لا تحدث خارج الخلايا في المعامل إلا في بطء شديد ، وتحتاج إلى طاقة عالية تستلزم رفع درجة الحرارة إلى حدود تزيد كثيرا على درجة الحرارة السائدة في هذه الخلايا .

وقد اتضح فيما بعد أن الخلايا الحية لا تحتاج الى كل هذا الجهـد لإتمام عملياتها الحيوية ، فهي تقوم بتصنيع أدواتها الخاصة المعروفة باسم الانزيمات ، وهي التي تعمـل كعوامـل مساعـدة وتنجـز كل أعمالها في يسر ودقة . والعامل المساعد مادة نشيطة تساعد على دفع التفاعل الكيميائي إلى نهايته ، ولكنها لا تدخل في هذا التفاعل بل تبقى ثابتة دون تغير عند نهاية هذا التفاعل .

وتشبه الانزيمات العوامل الكيميائية المساعـدة في هذا الشـأن ، فهي لا تدخل في التفاعلات الـكيميائية التـي تحـدث في الخـلايا ،

ولكنها تعمل على بدء هذه التفاعلات وإنهائها دون أن تفقد شيئا من تركيبها . والانزيمات جزيئات من البروتين محددة التركيب تقوم الخلية الحية بتصنيعها طبقا لنمط معين كما سنرى فيما بعد . ويحدد تتابع الأحماض الامينية في جزيء الانزيم وظيفة هذا الانزيم ، وينبني على ذلك ان لكل انزيم تصنعه الخلية وظيفة بعينها لا يحيد عنها ، ولا يدخل هذا الانزيم في أي تفاعل آخر كما لا يتدخل في عمل غيره من الأنزيمات .

وهذه النوعية الشديدة هي أهم ما يميز جميع الأصناف الكيميائية المتنوعة داخل الخلية ، فلكل منها مهامه ووظيفته المحددة ، ولاشك أن هذا يضفي على أعمال الخلية الحية نوعا من الدقة لا يتوفر لغيرها ، ويؤدي إلى سلاسة اللغة الكيميائية السائدة بها . ويمكننا ان نتصور الاعداد الهائلة من الانزيمات التي تصنعها الخلية وتسبح في السيتوبلازم ، إذا علمنا أن هناك مئات من التفاعلات الكيميائية التي تجري كل دقيقة في هذه الخلايا ، ولنا أن نتصور ذلك النظام الرائع الذي يحكم مثل هذه التفاعلات .

ويعتبر السائل الذي يملأ الخلية منطقة خطرة بالنسبة لأي دخيل ، فلا بد أن تعترضه بعض الكريات الصغيرة التي تطوف بالسيتوبلازم وتنتشر في ارجاء الخلية . وتمتلىء هذه الكريات ببعض الانزيمات المحللة التي تستطيع أن تحلل وتهضم عمليا كل شيء ، وهي تقوم بحراسة الخلية من الدخلاء كما تقوم بتنظيفها من كل الأشياء غير المرغوب فيها ، مثل الأجزاء الخلوية التالفة وبقايا الانزيمات

المستهلكة وبعض النواتج الثانوية الضارة ، وهذه العملية بالغة الأهمية بالنسبة للنمو الصحي للخلية وللجسم الحي .

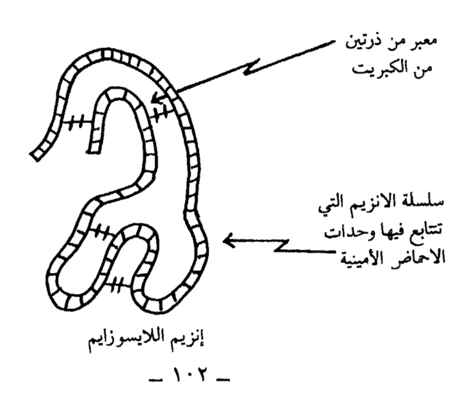
وقد كان العالم البريطاني الكسندر فليمنج هو أول من اكتشف أحد هذه الانزيمات فقد كان مصابا بنوبة برد ، وهداه تفكيره العلمي إلى أن يضع بضع قطرات من السائل المخاطي الذي يتساقط من أنفه في طبق من الزجاج يحتوي على مزرعة من البكتريا ، ثم وضع هذا الطبق جانبا فترة من الزمان كي يرى نتيجة هذه التجربة . وقد دهش فليمنج عندما لاحظ أن البكتريا المحيطة بقطرات السائل المخاطي قد بدأت في التحلل والذوبان بمرور الوقت ، وتصور في الحال أنه على وشك اكتشاف مضاد حيوي جديد يستطيع إبادة كل أنواع البكتريا على الإطلاق .

وقد خاب ظن فليمنج بعد أن علم أن الفعل المضاد للبكتريا كان في الحقيقة نتيجة لوجود أحد الانزيمات في المخاط ، وان لهذا الانزيم قدرة على إذابة وتحليل خلايا البكتريا وسمي فيما بعد « لايسوزايم » أو الانزيم المحلل . وقد أدرك فليمنج أن هذا الانزيم لا يصلح لإبادة كل أنواع البكتيريا ، فقضى حوالي سبع سنوات من البحث قبل أن يتوصل لاكتشاف المضاد الحيوي الهام الذي عرف فيما بعد باسم البنسلين .

ويعتبر اكتشاف انزيم اللايسوزايم من الاكتشافات العلمية الهامة فقد تبين وجوده في كثير من أنسجة الجسم الحي ، كما اتضح وجوده

في بعض النباتات . وقد أعان اكتشاف هذا الانزيم على التعرف على كثير من تفاصيل تركيب خلايا البكتريا ، كما كان أول انزيم أمكن دراسة خواصه دراسة كاملة ، وامكن التعرف على هيئته الفراغية أو توزيع ذراته في الفراغ الثلاثي الأبعاد .

واللايسوزايم مثل غيره من الانزيمات ، عبارة عن بروتين متوسط الحجم يتكون باتحاد عدة أنواع من الأحماض الامينية ، ويتركب جزيئه من **١٢٩** وحدة من وحدات هذه الأحماض التي تتتابع في سلسلته في ترتيب خاص . وتتصل وحدات الأحماض الامينية في سلسلة اللايسوزايم عرضيا فيما بينها في أربعة أماكن عن طريق معابر يتكون كل منها من ذرتين من ذرات الكبريت ، وذلك في الأماكن التي توجد بها وحدات الأحماض الامينية المحتوية على الكبريت .



إنزيم اللايسوزايم

ولا تتحدد خواص الانزيم بمعرفة تركيب الكيميائي فقط ، ولكن هذه الخواص تعتمد بشكل رئيسي على الهيئة الفراغية التي يتخذهـا هذا الانزيم وعلى الطريقة التي تنثني بها سلسلته في الفراغ . وقـد تعددت محاولات العلماء لدراسة الشكل العام لجزيئات البروتينـات بأنواعها المختلفة ، ولكن هذا العمل لم يكلل بالنجـاح في أغلـب الحالات . وتتمثل الصعوبة الحقيقية في صغر حجم هذه الجزيئات ، فبالرغم من أننا نصف دائما جزيئات البروتينات على أنها جُزيئـات ضخمة عملاقة تحتوي على آلاف الذرات ، إلا أن هذه الجزيئـات مهما كبرت في الحجم فلا يمكن رؤ يتها تحت الميكروسكوب العادي على الاطلاق .

ويمكننا تصور مدى صغر هذه الجزيئات إذا علمنا أن المسافة التي تفصل كل ذرة عما يجاورها من ذرات تقدر بحوالي ١,٥ انجشتروم وهي مسافة غاية في الصغر حيث ان الانجشتروم يساوي جزءا من مائـة مليون جزء من السنتيمتـر . واذا طبقنـا ذلك على انـزيم اللايسوزايم الذي يتركب من ١٩٥٠ ذرة لوجدنا ان طول جزيئه لا يزيد عن ٤٠ انجشتروم فقط وذلك بسبب التواء سلسلته حول نفسها في الفـراغ . ولا يمكن رؤ ية الـذرات التـي يتكون منهـا جزيء اللايســوزايم بل لا يمـكن حتـى رؤ ية الجـزيء نفسـه تحـت الميكروسكوب العادي حيث ان ذلك يعتمد في المقام الأول على طول الموجة الضوئية المستخدمة في رؤ ية هذا الجزيء .

وكقاعدة عامة لا يمكن رؤ ية جسمين منفصلين تقل المسافة التي تفصل بينهما عن نصف طول الموجة الضوئية المستخدمة . وتبلغ أقصر الموجات الضوئية المستخدمة في الميكروسكوب العادي والتي تقع ناحية الأشعة فوق البنفسجية حوالي ٢٠٠٠ مرة قدر طول المسافة بين الذرات . ونتوقع بذلك الا تنعكس هذه الموجات عند مرورها فوق الذرات الصغيرة ، وبالتالي فهي لا تفيد في رؤ ية هذه الذرات أو الجزيئات الصغيرة . ولايصلح في هذه الحالة إلا الأشعة السينية التي يبلغ طول موجتها نفس طول المسافات التي تفصل بين الذرات على وجه التقريب . ورغم صلاحية الأشعة السينية من هذه الناحية إلا أنها تثير بعض المشاكل الأخرى حيث لم يمكن بعد استحداث وسائل خاصة مثل العدسات والمرايا يمكن عن طريقها تجميع هذه الأشعة بعد انعكاسها لتعطي صورة واضحة للأجسام التي تمر بها .

ومن المعروف أن الطريقة التي تتكون بها صور الأجسام في الميكروسكوب تعتمد على خطوتين رئيسيتين . الأولى : تعتمد على سقوط الموجة على الجسم وانعكاسها ثم انتشارها في جميع الاتجاهات ، والثانية : تعتمد على قدرة العدسة الشيئية للميكروسكوب على تجميع هذه الإشعاعات المشتتة وتحويلها إلى صورة للجسم .

ويعتمد استخدام الأشعة السينية على الخطوة الأولى اعتمادا كليا، أي أنه يعتمد على قدرة الجسيمات على تشتيت إشعاعاتها في جميع الاتجاهات ثم يسجل نموذج هذا التشتيت أو نموذج الانحرافات

« Diffraction pattern » . وتستخـرج منـــه صورة للجســم بعمليات حسابية خاصة معقدة تعتمد على الفرق النسبي في كثافـة الموجـات المرتدة من أجزاء الجسم المختلفة . وتعتمد هذه الطريقـة اليوم على قدرة الحاسبات الالكترونية التي ساهمت إلى حد كبير في حل كثير من المشاكل عند تعيين تركيب جزيئات البروتين .

وبتطبيق هذه الطريقة على جزيء انـزيم اللايســوزايم تبـين أن سلسلته تلتف حول نفسها في الفـراغ بأسلـوب خاص بحيث تقـع المجموعات الكارهة للماء داخل التواءات السلسلة بعيدا عن الماء ، بينما تقع المجموعات المحبة للماء على السطح الخارجي للجـزيء في مواجهة المحاليل . ويشبه الجزيء في هذه الحالة الخيوط التي التفت حول نفسها مرات ومرات كما يمكن تشبيهه بنقطة من الزيت تغطيها مجموعات قطبية محبة للماء .

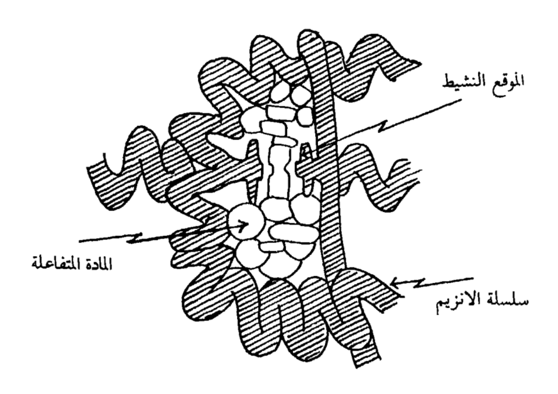
ويبدو لنا على الفور أن الهيئة الفراغية التي يتخذها جزيء انزيم اللايسوزايم أو التي تتخذها الانزيمات بصفة عامة لاتحدث بطريقة عشوائية بل تحدث طبقا لخاصية طبيعية يحددها مقـدار حب أو كره المجموعات الداخلة في تركيب الانزيم للماء ولهذا فإنـه في كل مرة يتكون فيها جزيء الانزيم فإنه يلتف حول نفسه بنفس الأسلوب ، أي أنه يتخذ نفس الهيئة الفراغية على الدوام طالما ظل ترتيب وحدات الأحماض الامينية ثابتا فيه .

وتتعلق هذه الخاصية الطبيعية تعلقا كبيرا بمستوى طاقة الجـزيء

فالتواء السلسلة أو التفافها حول نفسها بحيث تصبح المجموعات الكارهة للماء داخل الجزيء بعيدة عن الماء يقلل من طاقة التنافر بينها وبين الماء . وعلى هذا فإن اتخاذ جزيئات البروتين لهذه الأوضاع المذكورة يجعلها أقل طاقة أي أكثر ثباتا . ومن المعتقد أن جزيئات الانزيمات البروتينية تتخذ هذه الهيئات الفراغية الثابتة فور تكونها مما يدل على أن عملية انثناء جزيئات الانزيم والتفافها حول نفسها تتبع الخاصية الطبيعية السالفة الذكر .

ويبدو مماسبق أن لكل أنزيم طريقته الخاصة في الالتواء حول نفسه ، وأن هذا يعتمد على تركيب سلسلته والطريقة التي تتابع بها وحدات الاحماض الامينية على طول هذه السلسلة . ويترتب على هذا الالتواء أن يصبح لكل انزيم تجويف خاص ذو شكل وحجم محدد ، وهو لا يتفاعل أبدا إلا مع جزيئات المواد المتفاعلة التي تستطيع أن تتدخل في هذا التجويف . وعند حدوث هذا التداخل تتلامس المادة المتفاعلة مع المواقع أو المجموعات النشيطة في جزيء الانزيم ويبدأ الفعل الكيميائي عند هذه المواضع .

وتفسر هذه النظرية جيدا النوعية الفائقة لهذه الانزيمات فلكل منها موقع نشيط واحد محدد الحجم والشكل ، لا يستوعب إلا صنفا واحدا من الجزيئات ، وبذلك ينحصر عمل الانزيم في عملية واحدة وفي نوع واحد من التفاعل لا يتعداه على الدوام .



تجويف الانزيم (الموقع النشيط للانزيم)

ولا يفعل انزيم اللايسوزيم ذو القدرة الفائقة على تحليل خلايا البكتريا وتدميرها شيئا يشذ عن هذه القاعدة . فهو يتحسس جدار خلية البكتريا حتى يجد مكانا في هذا الجدار يقبل التداخل في تجويفه . وهناك تقوم وحدات الحمض الأميني الموجودة بهذا التجويف ، الذي يسمى أحيانا بالموقع النشيط ، بتحليل هذا الجزء من الجدار ، وكأنها تقضمه لتحدث ثقبا فيه ، فتندفع محتويات خلية البكتريا الى السوائل المحيطة بها وتموت . ولا يحدث أي تغيير في جزيء اللايسوزيم بعد نهاية هذا التفاعل ، بل يبقى ثابتا كما هو وينطلق ليبحث عن بكتريا أخرى يقضمها دون ملل أو كلل .

وهنـــاك طائفــة أخــرى من الانزيـمـــات تتخصص في تحليل البروتينات ، ومنها الانزيمات الهاضمة ، وهي توجد كذلك في جميع الكائنات الحية . ويمثل عملها هذا جزءا هاما من العمليات الحيوية التي تتم داخل الخلية الحية . وتقوم هذه الانزيمات بتحليل سلاسل جزيئات البروتين الى وحدات صغـيرة أو إلى أحماض أمينية يمـكن للجسم إعادة استخدامهـا بعـد ذلك ، لتـكوين أنـواع جديدة من البروتينات التي يحتاجها الكائن في بناء نفسه . ويمكن إجراء عملية التحلل للسلاسل البروتينية في المختبر ، ويتـم ذلك عادة بتسخـين البروتين مع أحد الأحماض أو إحدى القواعد لفترة من الزمان .

ولايمكن للكائن الحي استخـدام هذه الظـروف غـير المناسبـة في تحليل سلاسل البروتينات ، فرفع درجة الحرارة أو استخدام الوسط الحمضي أو الوسط القاعدي في هذا الشأن سيضر حتما بخلايا الكائن الحي ، وسيتسبـب في هلاكهـا ، ولـذلك نجـد أن الخلية الحية قد سلكت مسلكاً مناسباً لها ، فاستخدمت بعض العوامل الوسيطـة ، وهي الانزيمات ، في هذه العمليات دون أن تحتاج الى تغيير الظروف السائدة في الخلية .

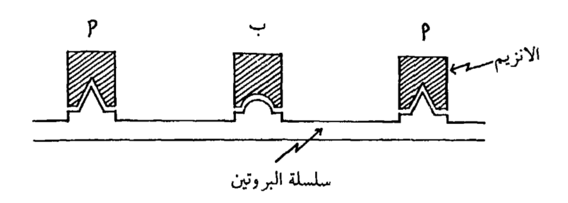
وهناك فارق آخر بين عملية تحليل السلاسل البروتينية في المختبر وتحليلهـا بواسطـة الانزيمـات في الخلية الحية ، ففـي الحالـة الأولى سيؤدي تسخين البروتين مع الأحماض أو القواعد إلى تحلل السلسلة البروتينية بصورة كاملة حتى تعطي أصغر الوحدات المكونة للسلسلة

وهي الأحماض الامينية . أما في حالة الخلية الحية فانها تستطيع أن تستخدم أنواعاً متعددة من الانزيمات ، لكل منها تأثير نوعي ، وبذلك يمكن أن تحلل السلسلة البروتينية في مواضع معينة منها دون أن تمس بقية روابط السلسلة .

ولعل من أغرب الأمور أن الأنزيمات المحللة للبروتين مثل التربسين والكيموتربسين ، وكاربوكسي ببتيداز ، هي نفسها بروتينات ، ولكنها تستطيع أن تهاجم جزيئات البروتينات الأخرى وتحللها ، أي أن فصل هذه الانزيمات يرتد إلى الجزيئات الأصلية التي ركبت منها . كذلك لنا أن نتساءل كيف تقوم هذه الانزيمات بعملها دون أن تحلل نفسها أو تدمر الخلية الحية التي تتكون فيها ؟

لقد تبين أن انزيمات البنكرياس في الإنسان يجري تخليقها من مواد وسيطة تعرف باسم « الزيموجين » أي مولدة الانزيم ، وهي مواد خاملة عديمة النشاط ولا أثر لها على الأنسجة التي تحتويها أو التي نشأت فيها.وعندما تفرز هذه الزيموجينات في الأمعاء الدقيقة ، تلتقي بانزيم خاص يحدث بسلسلتها البروتينية تغييراً طفيفاً ، فتتحول الى انزيمات نشيطة تبدأ عملها في الحال . ومن النادر أن يحل انزيم محل آخر في عمله ، فلكل انزيم تجويف خاص به أو مايسمى بالموقع النشيط ، وهذا التجويف لا يتداخل فيه الا جزء من السلسلة البروتينية .

ويمكن تشبيه ذلك بما نعرفه في عالم النجارة باسم « التداخـل » حيث يشكل كل جزء من الخشب ليتداخل في الجزء الآخر . ويمكننا تمثيل هذا التداخل بالشكل التالي :



ومن الملاحظ أن الانزيم (أ) لايستطيع أن يحـل محـل الانـزيم (ب) ، فلكل منهما مكان خاص على طول سلسلة جزيء البروتين يقبل التداخل فيه ، ويستطيع فيه ان يزاول نشاطه الكيميائي . واذا أردنا أن نوقف فعل انزيم ما ، فعلينا أن نملأ موقعه النشيط باحدى المواد التي لاتقبل التحلل ، وعندئذ لايستطيع هذا الانزيم أن يستغل موقعه النشيط في عمليات التحليل المخصص لها . وتسمى مثل هذه المواد التي لها القدرة على التداخـل في المواقـع النشيطـة للانزيمـات وتوقف نشاطها بالمواد المثبطة . وقد استغلت هذه الظاهرة في صنـع بعض غازات الأعصاب الحديثة ، مثـل مركب ثنائـي أيزوبـروبيل فلورو فوسفات الذي يثبط فعل التربسـين الموجـود بالبنـكرياس ، ويثبط كذلك فعـل انـزيم الكيموتربسـين وأسيتـايل كولـين الناقـل للنبضات العصبية في الجسم .

ولايحتوي الموقع النشيط في أغلب الانزيمات الا على ١٠٪ فقط من مجموع وحدات الأحماض الامينية التي تتركب منها سلسلة الانزيم . ففي حالة انزيمات التربسين أو الكيموتربسين ، نجد أن جزيئاتها تتركب من عدد من وحدات الأحماض الامينية يتراوح بين ٢٠٠ - ٣٠٠ وحدة من هذه الوحدات ، وهي تتكون في مجموعها من حوالي ٣٠٠٠ - ٥٠٠٠ ذرة من ذرات الكربون وغيرها من الذرات ، وقد يبدو هذا العدد كبيراً ، ولكن هذه الانزيمات تعتبر صغيرة الحجم جداً إذا قورنت بغيرها من جزيئات البروتين .

ولايتكون الموقع النشيط في هذه الجزيئات إلا من عدد صغير من وحدات الأحماض الامينية لايزيد على عشرين وحدة ، فهل يعني هذا أن بقية الوحدات المكونة لجزيء الانزيم لافائدة منها ولاداعي لوجودها ؟ وليس هذا صحيحاً بالطبع ، فإن وحدات الأحماض الامينية المكونة لجزيء الانزيم والتي لاتدخل في تركيب الموقع النشيط ، تمثل الهيكل الأساسي لجزيء الانزيم ، وهي التي تساعد بالتوائها والتفافها على تكوين هذا الموقع النشيط والتقاء الوحدات الفعالة فيه .



ـ٩ـ

المنظّمات الحيويّة

المنظمات الحيوية مجموعة من المواد العضوية تساهم بطريقة أو بأخرى مع الانزيمات في تنظيم العمليات الحيوية والتفاعلات الكيميائية التي تتم في خلايا الكائن الحي .

ونحن نعرف كثيراً من هذه المنظمات الحيوية بأسمائها الشائعة التي يتداولها الناس مثل الهرمونات والڤيتامينات ، ولكن هناك مجموعة أخرى من هذه المنظمات الحيوية يجهلها أغلب الناس مثل مركبات الكاينين المنظمة لأعمال جميع العضلات اللاإرادية في الجسم ، ومنظمات النمو التي تدفع خلايا البويضة المخصبة الى الانقسام وتنظم نمو الكائن الحي ، إلى غير ذلك من الجزيئات الكيميائية المتخصصة التي تلعب دوراً هاماً في حياة مختلف الكائنات .

وتلعب البروتينات دوراً رئيسياً في إنتاج مثل هذه المنظمات الحيوية ، فنجد أن لكل نوع من هذه المنظمات نوعاً خاصاً من الانزيمات التي تساعد على تكوينها ، أو تؤدي الى تنشيطها ، أو توقف عملها وفعلها عند اللزوم .



-١٠-

مركبات الكاينين

مركبات الكاينين هي إحدى مفردات اللغة الكيميائية السائدة في أنسجة الكائنات الحية ، وهي تلعب دوراً هاماً في العمليات الحيوية التي تتم داخل الخلايا ، وتدفع العضلات اللاإرادية في الجسم إلى العمل المتواصل يوماً بعد يوم .

ولاتفــرز مركبــات الكاينـــين من غدد خاصـــة كما في حالــة الهرمونات ، ولكنها تتكون في أغلب الأحوال في الأماكن التي تحتاج إلى فعلها الكيميائي . وهي لاتعيش طويلاً ، فهي سرعان ما تتفكك وتتحلل بعد أن ينتهي عملها الحيوي . وقد أطلق اسم الكاينين على هذه المركبات لأنه وجد بالتجربة ، أنها تسبب تقلص العضلات ، وانبساط الأمعاء وانقباضهـا ، ولهـذا سميت بمركبـات الكاينـين أي المركبات المسببة للحركة .

وتنتمي هذه المركبات الى مجموعة البروتينات ، فهي تتـكون من تتابع من وحدات الأحماض الامينية بنفس الأسلوب المتبع في تكوين جزيئات البروتين ، ولكن الجزيئـات في هذه الحالـة تكون صغـيرة نسبياً ، فبينما يتكون جزيء البروتين العادي من آلاف من وحدات الأحماض الامينية ، نجد أن جزيء الكاينين يتكون من عدد قليل من هذه الوحدات يقل في أغلب الأحوال عن المائة .

وقد اكتشفت مركبات الكاينين أول الأمر في أثناء إجـراء بعض التجارب الفسيولوجية على قطع من الأمعاء الدقيقة للإنسان . فعند تعليق قطعة من هذه الأمعاء أخذت عقب الوفاة ، في محلول يماثـل الدم في ملوحته وقلويته ، ويمر به تيار من الأكسجـين أخـذت هذه القطعة في الانقباض والتمدد تلقائياً في حركة منتظمة يمكن ملاحظتها بالعين المجردة . ولم يستطع أحد أن يجد تفسيراً مقبولاً لهذه الظاهرة حتى عام ١٩٣٧ عندما قام بعض العلماء الألمان بإجراء تجربة فريدة في هذا الشأن أدت الى اكتشاف الطريقة التي تعمـل بهـا مركبـات الكاينين .

وفي إحدى هذه التجارب عولجت قطعة صغيرة من قولون فئران التجارب بقليل من مصـل دم الانسـان ، وعولجـت قطعـة أخـرى بمستخلص الغدة اللعابية ، كل على حدة وقد لاحظ العلماء أن قطعة القولون لم تنقبض أو تتمدد في كلتا الحالتين . وعندما مزج هؤلاء العلماء مصل دم الإنسان بمستخلص الغدة اللعـابية ثم أضيف هذا المزيج فور تحضيره مباشرة إلى قطعة القولون ، انقبضت هذه القطعة بشدة في الحال . وقد لوحظ أن هذا المزيج لايسبب انقباض القولون إذا ترك جانباً لفترة قصيرة لأنه يفقد فاعليته ونشاطه بعد عدة دقائق من تحضيره .

وتـدل هذه التجـارب على أن مزج المصـل واللعـاب يؤدي إلى تكوين عامل ما يتسبب في انقباض عضلات قطعة القولـون . وقد

تبين فيما بعد أن اللعاب يحتوي على انزيم معين ، وأن هذا الانزيم يقوم باقتطاع أجزاء صغيرة من سلسلة أحد البروتينات الموجودة ببلازما الدم ، وعند ظهور هذه الأجزاء الصغيرة منفردة تبدأ عملها في الحال على هيئة جزيئات الكاينين .

ويحتوي جسد الانسان على ميكانيكية فائقة الدقة ، تحقق له نوعاً ثابتاً من الاتزان على الدوام . فعندما تكون هناك بالجسد عملية ما تؤدي إلى إطلاق أحد العوامل العالية النشاط ، نجد أن هناك عملية أخرى تطلق عاملاً آخر يستطيع إيقاف فعل هذا العامل النشيط ، إما بتحويله إلى مادة خاملة لا أثر لها ، وإما بتحليله تحليلاً نهائياً ، وإلا انقلب هذا العامل النشيط إلى شيء شره مدمر يكتسح كل مايقابله .

ويفرز الجسم عديداً من هذه المواد التي تؤدي الى تقليل نشاط بعض العوامل النشيطة أو وقف فعلها تماماً . وهذه المواد متغايرة الأنواع ، فلكل عامل نشيط مادة مقابلة من هذا النوع ، وهي غالباً ما تكون من نوع الانزيمات وتطلق عليها اسماء خاصة تنتهي بالمقطع « آز » «ase » .

ومن الملاحظ أن عملية تدمير العامل النشيط أو تحليله ، تتم بسرعة هائلة ، بل هي في الحقيقة تتم في الحال ، وعلى هذا الأساس لايعتبر شيئا مثيراً للدهشة أن نجد الدم خالياً تقريباً من مركبات الكاينين ، وذلك لأن الدم يحتوي على بعض الانزيمات التي تمنع تكوين مركبات الكاينين من بلازما الدم .

وقد أمكن التعرف على تركيب بعض مركبات الكاينين ، ومثال ذلك تلك المادة المسماة « براديكينين » ، ومعناها بطيء الحركة ، وهي تلك المادة التي يتسبب في تكوينها سم الثعبان وتؤدي إلى انقباض أمعاء فئران التجارب ، والتي يمكن إطلاقها كذلك من بروتين الدم المسمى الجلوبيولين بواسطة انزيم الهضم ، التربسين . ويتركب البراديكينين من سلسلة من تسع وحدات من الأحماض الامينية التي تترتب ترتيباً خاصاً على طول السلسلة . ولو أننا قمنا بتحضير جزيء البراديكينين ، وأضفنا الى سلسلته وحدة جديدة من وحدات الأحماض الامينية لتغيرت صفاته كل التغيير ، بينما لو رفعنا إحدى وحدات الأحماض الامينية من سلسلته وتركنا الوحدات الثمانيةالأخرى ، لحصلنا على مادة عديمة النشاط ولا أثر لها على الإطلاق .

ويتضح لنا من ذلك أن ترتيب وحدات الأحماض الامينية في جزيء هذه المادة يمثل رسالة معينة وتؤدي غرضاً محدداً ، كما تدل على أن أنسجة الجسم المختلفة ، التي قد تستجيب لمادة ما ولاتستجيب لأخرى ، لها القدرة على قراءة هذه الرسائل والعمل بمقتضاها بكل دقة .

ولاتؤثر مركبات الكاينين في جميع عضلات الجسم ، ولكن أغلب العضلات التي تستجيب لهذه المركبات هي من النوع المعروف باسم العضلات اللاإرادية ، مثل العضلات التي تتحكم في الأجزاء

المجوفة من الجسم مثل الأمعاء والأوردة والشرايين ، وقنوات القصبة الهوائية في الرئتين والقنوات التي يجري فيها البـول . كذلك تؤدي بعض هذه المركبات إلى نفاذ الدم خلال جدران الشعيرات الدموية وبذلك يستخدمها الجسم في دفع الدم في الأماكن التي تعمل بصفة دائمة أو تعمل بكثرة ، مثل عضلات جدران الأمعاء وبعض الغدد التي تعمل بشكل متواصل .

ومن المعتقد أن بعض مركبات الكاينين تفرز في حالات الحساسية أو عند الإصابة بالارتكاريا أو في حالات الربو ، ولاشك أنها تساهم إلى حد كبير في أعراض مثل هذه الأمراض . وعند الاصابة بالحروق أو الكدمات ، يتورم الجلد في الأماكن المصابة ، ويعـزى ذلك الى زيادة نفاذية الأوعية الدموية في هذه الأماكن بتأثير بعض مركبـات الكاينين ، مما يسمـح للأجسـام المضـادة وكريات الـدم البيضـاء ، وكلاهما كبير الحجـم ، بالمرور خلال جدران الشعـيرات مع الـدم للمساهمة في دفع الضرر ومكافحة آثار الإصابة .

ومن العجيب أن كل ماتستطيع أن تقوم به مركبات الكاينـين ، يستطيع أن يقوم به تقريباً مركب آخر يعـرف باسـم « الهستامـين » والذي يفرزه الجسم عند الضرورة . ويبدو أن جسد الكائن الحـي لديه أكثر من وسيلة لبلوغ نفس الهدف ، (تماماً مثل الرجل الذي يستخدم حزاماً وحمالة لرفع سرواله) ، وفي مثل هذا الموقف لايمكن القطع بأن أحدهما أكثر أهمية من الآخر .

وعلى أية حال ، تعتبر مركبات الكاينين أكثر فعالية من الهستامين . ويدل على ذلك استجابة الأنسجة الحية حتى للمحاليل الفائقة التخفيف من هذه المركبات ، فتستجيب أنسجة رحم أنثى الفأر لمحلول من البراديكينين الذي يحتوي على جزء من عشرة آلاف مليون جزء من الجرام في السنتيمتر المكعب الواحد .

وتدل بعض الدراسات الحديثة على أن هناك بعض أنواع الأدوية التي تنتمي الى مجموعة مسكنات الألم وخافضات الحرارة ، مثل الاسبرين ، وفنيل بيوتازون ، أو الأميدوبايرين تستطيع أن تقلل من فعل بعض مركبات الكاينين وأثرها القابض على القصبة الهوائية في فئران التجارب ، غير أنها تكون عديمة الأثر إذا كان الهستامين هو السبب في هذه الانقباضات .

وبالرغم من قلة معلوماتنا في هذا المجال ، فإنه من الواضح أن مركبات الكاينين لها دور ما في مختلف العمليات الحيوية التي تجري في جسد الكائن الحي ، ويكفي أنها المحرك الحقيقي وراء ذلك العمل الدائب الذي تقوم به العضلات اللاارادية من ساعة إلى أخرى ، وبذلك تعتبر مركبات الكاينين إحدى المفردات الهامة في هذه اللغة الكيميائية التي نحن بصدد الحديث عنها .



-١١-

الهرمونات

تنتمي الهرمونات إلى مجموعة المنظمات الحيوية ، وهي تلعب دوراً هاماً في بعض العمليات الحيوية التي تجري في جسد الكائن الحي . والهرمونات في أغلب الأحوال عبارة عن جزيئات بروتينية صغيرة الحجم نسبياً ، وهي لاتوجد في كل مكان في جسد الكائن الحي ، ولكنها تفرز بواسطة أنواع خاصة من الخلايا التي تكون معا غدداً خاصة لكل نوع من هذه الهرمونات ، وهي تنطلق بعد ذلك في الدم الذي ينقلها إلى المواقع المطلوبة فيها أو تطلق مباشرة في مكان عملها . ولاتفرز الهرمونات من هذه الغدد بصفة مستمرة ، ولكنها تفرز تحت بعض الظروف أو استجابة لبعض المؤثرات الخاصة .

وأهم مايميز الهرمونات نوعيتها الفائقة ، أي أن لكل منها أثراً محدداً ، ووظيفة ثابتة لايتعداها أبداً . فالهرمون الواحد قد يؤثر تأثيراً خاصاً في نوع ما من الخلايا ، فيدفعها إلى الدخول في تفاعلات بعينها ، ولكنه لايؤثر بتاتاً على بقية الخلايا الأخرى المحيطة بها ، فتستمر هذه اخلايا في عملها المعتاد وكأنها لاتحس به على الاطلاق ، وكأن كلا منها له لغته الخاصة به . ومن أمثلة هذه الهرمونات ، هرمون الانسولين الذي يفرزه البنكرياس ، والذي يتحكم في عمليات التمثيل الغذائي للسكريات .

وبالرغم من أن الانسولين يتكون جزيئه من سلسلة بروتينية قصيرة نسبياً بالنسبة لجزيئات البروتين الأخرى ، إلا أن جزيء الانسولين المستخلص من الأبقار ، يتركب جزئية من ٧٧٧ ذرة مختلفة ، منها ٢٥٤ ذرة كربون ، و٣٧٧ ذرة هدروجين، و٦٥ ذرة نتروجين، و٧٥ ذرة اكسجين، و٦ ذرات من الكبريت. وكما في حالة البروتينات الأخرى تنتظم هذه الذرات على هيئة وحدات من الأحماض الامينية على طول سلسلة الانسولين ، التي تحتوي على سبعة عشر نوعاً مختلفاً من هذه الوحدات يتكرر بعضها لتكوين سلسلة الانسولين من ٥١ وحدة من وحدات الأحماض الامينية . وقد تمكن العلماء عام ١٩٥٥ من تحديد الطريقة التي تتتابع بها الأحماض الامينية في سلسلة الانسولين وتم بذلك تعيين التركيب الجزيئي لهذا الهرمون ، وكان بذلك أول بروتين يتم تحديد تركيبه كاملاً .

ومن أهم أنواع الهرمونات التي تحتويها أجساد الكائنات الحية تلك الهرمونات المعروفة باسم هرمونات الجنس ، وهي تلك المواد التي تعطي كل جنس صفاته المميزة ، وتساعد بذلك على التفرقة بين الذكر والأنثى . ولاتنتمي هرمونات الجنس إلى مجموعة البروتينات ، ولكنها تنتمي من الناحية التركيبية إلى مجموعة أخرى من المركبات العضوية تعرف باسم « ستيرويدات » « Steroids » .

وينتمي الى هذه المجموعة أيضا ذلك المركب الكيميائي المعروف باسم « الكولسترول » وكلنا لابد قد سمع عنه وعن الضرر الذي

يحدثه إذا ترسب في الشرايين . وتنتمي الى هذه المجموعة كذلك بعض المواد الهامة الأخرى مثل هرمون الكورتيزون والاحماض الصفراوية وغيرها ، ولهذا فقد لقيت هذه المجموعة عناية خاصة واهتماماً كبيراً من علماء الكيمياء .

وقد كان العالم الألماني « ونداوس » عام ١٩٠٣ هو أول من قام بمحاولة جادة لمعرفة تركيب مركب الكولسترول . وقد اشترك مع وندواس عالم آخر يسمى « فيلاند » وقدما معا صيغة تركيبية للكولسترول عام ١٩٢٨ ، واعتبر هذا نصراً رائعاً في مجال علم الكيمياء التركيبية منح من أجله هذان العالمان جائزة نوبل في الكيمياء . وربما كان من أشد الأشياء إثارة للعجب أنه قد تبين بعد مضي أربعة أعوام فقط على هذا الاكتشاف ، أي في عام ١٩٣٢ ، أن الصيغة التركيبية للكولسترول التي قدمها وندواس وفيلاند ، كانت صيغة خاطئة ولاتمثل التركيب الحقيقي لجزيء الكولسترول . وقد تم تعيين التركيب الحقيقي للكولسترول بعد ذلك على يد مجموعة من العلماء من بينهم فيلاند وبرنال عالم الأشعة السينية المعروفة في ذلك الوقت .

ولاتقلل هذه الواقعة من ذلك الجهد الذي بذله كل من وندواس وفيلاند ، بل نحن مازلنا نعتبرهما من رواد كيمياء الستيرويدات ، ولاشك أن بحوثهما وأعمالهما قد أدت الى تمهيد الطريق أمام من أتى بعدهم من العلماء .

الكولسترول

وتشبه الهرمونات الجنسية الكولسترول شبهاً كبيراً في التركيب ، فهي تتكون مثله من نفس الحلقات وإن كانت هناك بعض الفروق الطفيفة الأخرى . وبالرغم من التشابه الكبير بين كل من هرمون الذكر المسمى « تستوسيترون » وهرمون الأنثى المسمى « ايسترون » إلا أن الأول منهما يتسبب في ظهور الخصائص الذكرية في الكائن الحي ، بينما يؤدي الثاني إلى ظهور الصفات الأنثوية في الكائن الحي ، ولاندري كيف يفعل كل منهما ذلك !

هرمون الذكر
« تستوستيرون »

هرمون الأنثى
« ايسترون »

وربما كانت هذه الحالة ، أحد الأمثلة الجيدة التي تبين كيف أن تغييراً طفيفاً في التركيب ، قد يؤدي إلى تغير كبير في الأثر الكيميائي للمركب أو في وظيفته في الكائن الحي .

ونظراً لأهمية أفراد هذه المجموعة ، ومنها هرمون الكورتيزون ، فقد قامت هناك محاولات متعددة لتحضير بعض هذه المركبات ، كانت أولاها وأهمها محاولة تحضير الكورتيزون بطريقة التخليق الكيميائي في المعمل .

وقد كان للكورتيزون أهمية خاصة في الأربعينات ، ففي عام ١٩٤٢ ، وكانت الحرب العالمية الثانية على أشدها بين الحلفاء وبين المحور (ألمانيا ـ ايطاليا ـ اليابان) سرت إشاعة غامضة بين قوات سلاح طيران الحلفاء تفيد أن سلاح الطيران الألماني يعطي الطيارين الألمان عقاراً جديداً يساعدهم على مقاومة نوبات الإغماء التي تصيب الطيارين عند انقضاضهم بطائراتهم على الأهداف . ولم يستطع الحلفاء معرفة التركيب الحقيقي لهذا العقار ، وأطلق عليه اسم مركب « E » وظن البعض أنه هو الكورتيزون .

وقد دفع هذا كثيراً من المعامل في أوربا وأمريكا للقيام بمحاولات ودراسات لتحضير هذا الهرمون ، ونجح البعض منها فعلاً في تحضير قدر ما من الكورتيزون عن طريق فصله من كبد بعض الحيوانات . ولم تكن كمية الكورتيزون المحضرة بهذه الطريقة كافية ، كما انها كانت مرتفعة الثمن إلى حد كبير ، ولذلك فقد اتجه الباحثون الى تحضيره عن طريق التخليق الكيميائي لزيادة الكميات المنتجة منه

والتقليل من تكلفته .

ونظراً لتعقيد تركيب جزيئات الستيرويدات فقد فكر العلماء في استخدام بعض المواد النباتية المشابهة للكورتيزون إلى حد ما ، ووقع الاختيار على مادة تعرف باسم ، سارمنتوجنين ، توجد في بعض بذور النباتات التي تنمو بوفرة في جنوب افريقيا . وتمكن العالم السويسري « رايشتاين » من إجراء بعض التحورات في تركيب هذه المادة وتحويلها إلى الكورتيزون، وبذلك أمكن تحضير هذا الهرمون الذي لم يكن يعرف خارج الجسد الحي ولاينتج إلا في أجساد الحيوانات ، واستخدم بعد ذلك في علاج روماتيزم المفاصل وغيرها من الحالات . وقد حصل « رايشتاين » على جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٥١ تقديراً لجهوده في هذا المجال .

وتسمى الغدد التي تفرز الهرمونات باسم الغدد الصماء . والسبب في ذلك الاسم أن هذه الخلايا تصب إفرازاتها مباشرة في الدم أو في الجهاز اللمفاوي . ومع ذلك فهناك بعض من هذه الغدد ، مثل البنكرياس ، تصب إفرازها من الانسولين في الدم مباشرة وتدفع إفرازاتها من العصارات الهاضمة عبر قناة خاصة في الأمعاء .

ويحتوي الجسم على أنواع مختلفة من الهرمونات ، فالغدة الدرقية تحتوي على هرمون يحتوي على اليود في تركيبه ، كذلك تفرز الغدد فوق الكلوية نوعاً آخر من الهرمونات يعرف باسم « الادرنالين » . وتفرز هذه الغدد باستمرار قدراً صغيراً من الادرنالين في تيار الدم ليتوزع في الجسم ويحسن أداء العضلات اللاإرادية . ويتدفق

الادرنالين في الدم عند الخوف أو الغضب بكميات أكبر من المعتاد ، ويؤدي ذلك الى تحسين أداء القلب والعضلات ، وبذلك يمكن للجسم الهجوم والدفاع بطريقة أفضل . كذلك يتسبب هذا القدر الزائد من الادرنالين في دفع الكبد إلى افراز كميات أكبر من السكر في الدم مما يساعد على زيادة نشاط العضلات .

والادرنالين الموجود بالجسم يسمى « l - adrenaline » ، وذلك لأن بلوراته ومحاليله تدير مستوى الضوء المستقطب ناحية اليسار ، وعند تحضير الادرنالين على صورة « d - adrenaline » الذي يشبهه تماما من الناحية الكيميائية ولكنه يدير مستوى الضوء المستقطب الى اليمين ، وجد أن نشاط هذا النوع الأخير من الادرنالين يقل كثيراً عن النوع الأول ويبلغ $\frac{١}{١٢}$ من نشاطه على وجه التقريب .

ويتضح من ذلك أن لكل هرمون فعلاً خاصاً ووظيفة بعينها ، وأن الخلية الحية تقوم بإعداد كل من هذه الهرمونات بطريقة خاصة تتلاءم مع وظيفته وهي تفعل ذلك مستخدمة نفس الوحدات البنائية المتوفرة بها من الجزيئات الكيميائية الصغيرة في كل حالة .

ولاشك أن تلك الفروق الطفيفة بين كل من هرمون الذكر وهرمون الانثى وكذلك بين كل من شكلي الادرنالين لتعد دليلاً على مدى دقةلغة الكيمياء في أجساد الكائنات الحية .



-١٢-

الفيتامينات

الفيتامينات من أهم أفراد مجموعة المنظمات الحيوية ، فهي تلعب دوراً هاماً في تنظيم العمليات الحيوية في جسد الكائن الحي ، ويؤدي النقص فيها في كثير من الحالات الى اختلال نظام الجسد والمرض وينتهي الأمر بالوفاة .

وقد كان البحارة هم أول من قاسى من نقص الفيتامينات ، وذلك لأن رحلاتهم الطويلة في البحر كانت تستدعي بقاءهم فترة طويلة بين الماء والسماء ، ولم يكن غذاؤهم وطعامهم متنوعاً بشكل كاف . ويذكر التاريخ أن بعض هؤلاء البحارة كانوا يمرضون دون سبب معروف ، وكان المرض ينتهي في أغلب الحالات بالوفاة ، وقيل في ذلك الوقت أن البحارة يصابون بمرض خاص سمي الاسقربوط . وتروي لنا الكتب أن الرحالة ا الشهير « فاسكودي جاما » فقد حوالي مائة رجل من رجاله بسبب هذا المرض أثناء رحلته الطويلة حول رأس الرجاء الصالح . كذلك تروي قصص مماثلة عن بحارة الرحالة « ماجلان » . فقد تساقط منهم عدد كبير صرعى دون سبب معروف ، وإن كان يبدو أن هناك عاملاً هاماً كان ينقص غذاء هؤلاء البحارة في رحلاتهم الطويلة .

وقد اكتشف البحارة الانجليز ، بمحض الصدفة ، أنهم لايصابون بهذا المرض الغريب أبداً إذا تناولوا بعضاً من عصير الليمون على فترات أثناء رحلاتهم الطويلة . وأصبح تناول هذا

العصير شيئا مقدساً على السفن البريطانية منذ ذلك الحين .

وقد تمكن الكيميائي البولندي « كازيمير فونك » « Casimir Funk » عام ١٩١٢ من فصل العامل المضاد لمرض البري بري من قشرة حبة الأرز ، وأطلق عليه اسم « فيتامين » مشتقاً النصف الأول من هذا الاسم من لفظ الحياة ، وأطلق هذا الاسم بعد ذلك على جميع هذه العوامل الحيوية التي يجب توفرها في الغذاء . ولعدة سنوات طوال ، لم يكن يعرف إلا نوعان من هذه الفيتامينات هما ، ذلك الفيتامين الذي يشفي أمراض العيون وسمي « فيتامين أ » ، و« فيتامين ب » الذي يشفى مرض البري برى ، وبتقدم العلم في هذا الميدان أمكن اكتشاف أنواع أخرى من الفيتامينات سميت بالأحرف الهجائية مثل « أ » ، « ب » ، « جـ » .

ويمكننا الآن أن نشتري هذه الفيتامينات من الصيدليات إذا أردنا ذلك أو إذا كان غذاؤ نا لسبب من الأسباب لايحتوي على الكفاية منها ، إلا أنه من الأفضل دائما أن نعتمد على الغذاء الطبيعي كمصدر للفيتامينات لأسباب متعددة أهما أن الغذاء الطبيعي قد يحتوي على أكثر من فيتامين واحد ، بجانب الأملاح والأحماض العضوية وغيرها من المواد الهامة للجسم . وبالرغم من أن كل الفيتامينات يرمز لها بحروف الهجاء ، إلا أن هناك اتجاها حديثا لتسميتها بأسماء خاصة ، فيعرق الآن فيتامين ب$_{١}$ باسم الثيامين ، وفيتامين ب$_{٢}$ باسم رايبوفلافين وهكذا .

ولايحتاج جسد الكائن الحي إلا لقدر ضئيل جدا من

الفيتامينات ، وهي لاتدخل في كل العمليات الحيوية بالخلية الحية ، ولكن كل منها يتخصص في عمل ما لايحيد عنه . وتقدر كمية الفيتامين التي يحتاج إليها الجسم بعدة وحدات ، فهي إما أن تقاس بالمليجرامات (جزء من ألف جزء من الجرام) أو بالميكروجرام (جزء من مليون جزء من الجرام) أو بالواحدات الدولية التي يساوي كل منها $\frac{١}{٤٠}$ من الميكروجرام .

فيتامين أ : يتركب جزيء فيتامين «أ» من عشرين ذرة من ذرات الكربون وهو ضروري لنمو الجسم نموا صحيحا ، كما أنه هام جدا بالنسبة لسلامة وصحة الخلايا المكونة للجلد والخلايا المغطية لكل تجاويف الجسم من الداخل . ويعاون فيتامين «أ» العين على استقبال الضوء ، ويتسبب النقص فيه في عدم قدرة المرء على الرؤ ية الجيدة ليلا ، فسائق السيارة قد يبهره ضوء السيارة المقبلة من الناحية الأخرى من الطريق ليلا ، ولكنه يستطيع أن يرى الطريق جيدا بعد أن تمر هذه العربة . أما إذا كان هذا السائق مصابا بنقص في فيتامين «أ» ، فإنه لن يستطيع أن يرى أمامه إلا عدة أمتار من الطريق فقط بعد أن تمر السيارة الأخرى وتعرف هذه الظاهرة باسم العشى الليلي .

ويوجد فيتامين «أ» في زيت كبد الحوت وفي الزبد والجبن واللبن والقشدة ، كما يوجد على هيئة مركب الكاروتين الذي يتحول إلى فيتامين «أ» في الجسم ، في كثير من الخضروات وفي الجزر والسبانخ والطماطم ، وفي المشمش والخوخ والموز . وغالبا ما يكون النقص في فيتامين «أ» ناتجا عن عدم قدرة الجسد على امتصاص الفيتامين ، وذلك بسبب المرض أو غيره من الأسباب .

والكمية المطلوبة من فيتامين «أ» للاحتفاظ بالصحة الجيدة لاتزيد على ٥٠٠٠ وحدة دولية في اليوم . وتتسبب الزيادة في فيتامين «أ» في الشعور بالصداع والغثيان ، والإصابة بالحساسية وتضخم الكبد والطحال ، وسقوط الشعر ، وأحيانا تعويق النمو في الأطفال . وقد لوحظت بعض هذه الأعراض الغريبة على أعضاء إحدى بعثات الاستكشاف القطبية ، فقد أصيبوا جميعا بالصداع والدوخة والغثيان والاسهال بعد تناولهم كبد الدب القطبي وهو غني جدا بهذا الفيتامين .

فيتامين ب المركب : عبارة عن مجموعة من الفيتامينات التي تقبل الذوبان في الماء . وتختلف فيتامينات هذه المجموعة في التركيب الكيميائي ، ولكنها تتشابه في وظائفها في الجسد الحي ، وتوجد معا في كثير من المواد الغذائية . ويقع تحت هذه المجموعة ، الثيامين (فيتامين ب ١) والرايبوفلافين (ب٢) والنياسين (حمض النيكوتين) ، والبيريدوكسين (ب٦) ، ، وحمض بانتوثينيك ، وبيوتين ، وحمض الفوليك ، وسبانوكوبالامين (ب١٢) .

الثيامين : فيتامين (ب١) . يوجد مختزنا في الكبد ، ويساعد على النمو السليم ، وعلى سلامة عمل الأنسجة العصبية . وينتج عن نقص هذا الفيتامين مرض البري بري . ومن مظاهره الشعور بالإرهاق ، وفقدان الشهية ، واضطراب الهضم ، والهزال ، وقد ينتهي الأمر بالإصابة بالشلل والوفاة . ويوجد هذا الفيتامين في بعض البقول مثل البسلة والفاصوليا ، والفول السوداني ، وتعتبر قشور الأرز وقشور القمح (الردة) من المصادر الغنية بالثيامين . وينتشر

النقص في هذا الفيتامين بين سكان بلاد الشرق الأقصى ، لأن غذاءهم الرئيسي يتكون من الأرز المبيض الذي نزعت منه القشور .

وقد اعتقد البعض أن تناول الثيامين يمنع البعوض من لدغ الانسان ، وليس هذا صحيحا بالطبع . وربما كان السبب في هذا الاعتقاد أن الذين تلتهب جلودهم من لدغ البعوض ، يستريحون كثيرا عند تناول هذا الفيتامين . والكمية اللازمة يوميا من الثيامين لاتزيد على ١,٢ مليجرام .

الرايبوفلافين : فيتامين « ب٢ » . تكمن أهمية هذا الفيتامين في أنه يكون جزءا هاما من أحد الانزيمات التي توجد في كل خلايا جسم الانسان ، والذي له علاقة كبيرة بتنفس الخلايا . ومصادر هذا الفيتامين متعددة ، فهو يوجد في الكبد ، وفي البيض وفي البقول والطماطم وبعض أنواع الفاكهة . ويختزن الرايبوفلافين في الكبد وفي الكلية ، ويتسبب النقص فيه ، في ضعف نمو الأطفال ، وتشقق الجلد حول الفم ، وتورم اللسان ، وازدواج الرؤية ، كما يتسبب في تعرض الجلد لبعض الأمراض الجلدية الضارة . والكمية اللازمة لصحة الجسم ١,٧ مليجرام في اليوم .

النياسين : يعرف كذلك باسم حمض النيكوتين ، وهو من مجموعة فيتامين «ب» المركب . ويدخل هذا الفيتامين في نظام الانزيمات التي تنقل الهيدروجين في الخلايا الحية وهي عملية هامة من عمليات النشاط الحيوي في الخلية . ويؤدي نقص النياسين بالجسم إلى مرض البلاجرا ، وهو ينتشر بين سكان البلاد الذين يعيشون على الدقيق

الأبيض والأرز المبيض . وينتج عن ذلك احمرار الجلد ، ونقص في وزن الجسم ، وحدوث إسهال وظهور بعض الاضطرابات العقلية على المريض . وقد يؤدي عدم علاج المريض الى حدوث الجنون ثم الوفاة .

ويوجد النياسين في اللحم الأحمر والكبد والخميرة واللبن والبيض وفي بعض البقول . كذلك يمكن الحصول عليه من السمك ، فكل ٢٥٠ جم من السمك تحتوي على ٤٥٠ مليجرام من الحمض الاميني « التربتوفان » ويستطيع الجسم أن يحول هذه المادة الأخيرة الى ٧,٥ مليجرام من النياسين ، ولهذا السبب فإن من يتغذون على الأسماك لايعانون نقصا في الفيتامين على الإطلاق. والكمية اللازمة من النياسين يوميا حوالي ٥ مليجرامات ، تزيد الى ١٩ مليجرام بالنسبة للأفراد الذين يبذلون جهدا كبيرا في أعمالهم .

البيريدوكسين : فيتامين « ب٦» . يشبه هذا الفيتامين في عمله بقية أعضاء مجموعة فيتامين «ب» المركب ، فهو هام لصحة الجلد ، ولسلامة النشاط العصبي للكائن الحي ، كما أنه له أهمية خاصة في عمليات تمثيل الأحماض الامينية في الجسم وتكوين البروتينات وغيرها . ويوجد البيريدوكسين مع غيره من أعضاء هذه المجموعة في الكبد والبيض والخميرة وبعض الأغذية المعتادة . والكمية اللازمة منه يوميا حوالي ٢ مليجرام .

حمض البانتوثنيك : أحد أعضاء مجموعة فيتامين « ب » المركب ، وهو يوجد في جميع الأنسجة الحية ، ولهذا أطلق عليه كلمة

« بانتوثـين » «pantothen » التـي تعنـي « في كل مكان » . وتكمـن أهمية هذا الفيتامين في أنه يكون جزءا من أحد الأنزيمات ويعـرف باسم « مساعد الانزيم » « أ » « co - enzyme A »وهو يدخـل في عديد من التفاعـلات الحيوية في الخلية الحية . ويوجـد حمض البانتـوثنيك في الكبـد والخمـيرة والبيض وفي اللحـوم ومنتجـات الالبـان ، وفي العسـل الأسـود والفاكهـة ، وفي جميع الأطعمـة الطازجة ، كما أنه يصنع في الأمعاء بواسطة البكتريا ، ولهذا يندر أن يصاب الفرد العادي بنقص في هذا الفيتامين .

ويعد غذاء ملكات النحل المعروف باسم « الغذاء الملكي » من اهم مصادر هذا الفيتامـين . ويؤدي النقص في هذا الفيتامـين الى نقص في النمو ، والاحساس بالصداع والشعـور بالغثيان ، وتغـير لون الشعر ، كما يؤدي أحيانا الى الشلل ثم الوفاة . ولا تعرف حتى الآن الكمية اللازمة يوميا لصحة الجسد من هذا الفيتامين ، ولـكن الـكمية التـي تعطـي من هذا الفيتامـين مع غـيره من أعضـاء هذه المجموعة لا تزيد عادة على عشرة مليجرامات .

البيوتين : أحد اعضاء مجموعة فيتامين « ب » المركب ، وسمـي فترة بفتامين« H »« هـ » ، ويوجد هذا الفيتامين في كثيرمن الأطعمة كما يتكون في الأمعاء بواسطة بعض أنواع البكتريا . وقد تبـين أن بعض الحيوانات أو الانسان إذا تغذت على زلال البيض النيىء فترة طويلة نتجت عن ذلك أضرار كثيرة ، منها نقص الوزن وفقد استقامة الجسم وغيرذلك من الأعراض . وقد استطاع البيوتين أن يعالج هذه

الأعراض ، ولذلك سمي العامل المضاد لزلال البيض . ولا يحتاج الجسم من هذا الفيتامين إلا إلى قدر ضئيل جدا ، ولهذا يندر أن يشعر الانسان بنقص في هذا الفيتامين .

حمض الفوليك : أحد أعضاء مجموعة فيتامين « ب » المركب ، وهو حمض مشتق من حمض الجلوتاميك . وقد سمي هذا الفيتامين بذلك الاسم لأنه اكتشف أول مرة في بعض الخضروات ذات الأوراق الخضراء ، حيث كلمة « فوليوم » « folium » اللاتينية تعني ورق الشجر . ويؤدي النقص في هذا الفيتامين الى فشل نخاع العظام في تكوين كريات الدم الحمراء مما يؤدي إلى الإصابة بالانيميا .

ويوجد حمض الفوليك في الفواكه الطازجة وفي الكبد والكلية وفي الخميرة . والكمية اليومية اللازمة للبالغ حوالي ٥٠ ميكروجرام ، وهو يعطي للمصابين بالحروق أو بالاشعاع ، أو المصابين بكسور في العظام ، وكذلك للمصابين بالانيميا ، وعادة ما يضاف إليه فيتامين « ب ١٢ » في الحالة الأخيرة .

فيتامين ب١٢ : مركب عضوي يحتوي على فلز الكوبالت في جزئيه ، ويعرف باسم سيانوكوبالامين . وقد تبين أن قدرا ضئيلا من هذا الفيتامين ، يكفي لعلاج مرض الانيميا الخبيثة ، وهذا القدر لا يزيد على جزء من مليون جزء من الجرام ، أي ميكروجرام ، واحد في اليوم ، وعلى ذلك فإن الكمية المطلوبة للمحافظة على صحة الشخص البالغ من هذه المادة لا تزيد على ٣ ميكروجرام (٠,٠٠٣

من المليجرام) في اليوم الواحد . ويوجد هذا الفيتامين في الكبد واللحوم والبيض واللبن . وقد قامت إحدى الكيميائيات البريطانيات بتعيين التركيب الجزيئي لهذا الفيتامين ، وحصلت بذلك على جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٦٤ .

فيتامين « جـ » : حمض الاسكوربيك . اكتشف هذا الفيتامين عام ١٩٣٧ ، وقد حصل مكتشفه على جائزة نوبل في ذلك العام . ويشبه هذا الفيتامين في تركيبه السكر (الكربوهيدرات) ، وهو يلعب دورا هاما في تكوين الأنسجة الضامة في الجسم وأنسجة العظام والأسنان وسلامة جدران الأوعية الدموية في الجسم . ويختزن هذا الفيتامين في الجسم في بعض الغدد ، مثل الغدة الكظرية ، وكذلك في الكبد والكلية وبعض أجزاء الجسم الأخرى . وهو يطلق في الجسم أثناء المجهود العضلي غير العادي أو أثناء التوتر العصبي الشديد .

وينتج عن نقص فيتامين « جـ » الإصابة بمرض الاسقربوط حيث تتورم المفاصل ، وتسبب آلاما مبرحة ، وتتورم اللثة وتصبح الأسنان غير ثابتة ، ويصحب ذلك حدوث نزيف تحت الجلد . ويوجد فيتامين « جـ » في كثير من الخضروات ذات الأوراق الخضراء ، وفي الفاكهة ، خاصة الموالح ، كما يوجد في الكرنب والفلفل الأخضر . وتقوم كثير من الحيوانات بتكوين هذا الفيتامين في جسدها ، ولكن الانسان وبعض الحيوانات الأخرى مثل القردة وفئران التجارب وبعض أنواع البكتريا ، لا تفعل ذلك ، ولا بد لها من الحصول عليه عن طريق الغذاء من الخارج .

والكمية اللازمة لصحة الانسان تبلغ حوالي ٣٠ ـ ٨٠ مليجرام يوميا . ويتأثر فيتامين « جـ » بالحرارة ، فهو ينحل بالتسخين ، ولهذا لابد من حفظ الفاكهة والخضروات في الثلاجات عند تخزينها حتى لا تفقد ما بها من فيتامين « جـ » . وينحل جزء كبير من فيتامين « جـ » عند طهي الطعام ، خاصة عندما يتم ذلك في أوعية مفتوحة معرضة لاكسجين الهواء . ويمكن الاحتفاظ بجزء كبير من هذا الفيتامين كما هو ، عند استخدام أوعية الضغط في طهي الطعام وذلك لأن تسخين الطعام في هذه الحالة يتم بعيدا عن اكسجين الهواء .

وقد ظن بعض العلماء أن تناول جرام واحد من هذا الفيتامين كل يوم ، يمنع إصابة الفرد بالبرد ونزلات الزكام ، ويقلل من فرص المرض بصفة عامة ، وأن تناول جرعة كبيرة تبلغ عشرة جرامات في اليوم ، قد تحسن كثيرا من حالة المرضى بالسرطان ، ولكن التجارب العلمية المتأنية التي أجريت في هذا المجال دلت على أن فيتامين « جـ » ليست له فوائد علاجية لهذه الأمراض .

فيتامين « د » : عبارة عن مجموعة من المواد التي تقبل الذوبان في الدهون ، ومنها فيتامين «د ٢ » (ارجوكالسيفيرول) ، وفيتامين «د ٣ » (كوليكالسيفيرول) . وتوجد مجموعة فيتامين « د » في زيت كبد الحوت ، وفي بعض النباتات التي تحتوي على مواد يمكن أن تتحول إلى هذا الفيتامين تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية ، والتي تسمى عادة بمشابهات الفيتامينات « provitamins » ، مثل الارجوستيرول ، ونوع من مركبات الكولسترول .

ويعتبر فيتامين « د » مضادا للكساح عند الأطفال ، فهو يحافظ على توازن أيونات الكلسيوم والفوسفور في الجسم ، ويتسبب النقص فيه في حدوث الحالة التي نعرفها باسم لين العظام، وذلك لتأثر فوسفات الكلسيوم الموجودة بالعظام التي لا تتحمل وزن الجسم فتنحني تحت ثقله وتتقوس . وينتج كذلك عن هذا النقص كبر حجم المفاصل ، وعدم انتظام الأسنان وتغير شكل القفص الصدري ، وضعف العضلات العام .

ويتأثر الكبار كذلك بنقص هذا الفيتامين ، فيؤدي النقص فيه إلى سحب فوسفات الكلسيوم من العظام ، مما يجعلها أكثر مسامية وأكثر عرضة للكسر . والكمية اللازمة من فيتامين د لصحة الجسم تبلغ حوالي ٤٠٠ وحدة دولية في اليوم بالنسبة للأطفال والسيدات الحوامل ، وهي أصغر من ذلك بالنسبة للبالغين . ويمكن الحصول على هذا القدر من فيتامين « د » يوميا بتعريض الجسم للأشعة فوق البنفسجية لمدة معقولة ، حيث تتحول بعض مشابهات الفيتامينات الموجودة تحت الجلد الى هذا الفيتامين ، ولهذا يندر أن يوجد مرض الكساح في البلاد المشمسة . والزيادة الكبيرة في كمية فيتامين « د » ذات أثر سيء على صحة الانسان ، فهي تؤدي الى سحب الأملاح من العظام ، وزيادة الكلسيوم في الدم وتكوين الحصى في الكليتين ، وترسب الكلسيوم في الأنسجة اللينة .

فيتامين ك : يعرف باسم فيللوكينون ، وهو مضاد للنزيف ويسبب تخثر الدم . وقد تم اكتشاف مشابه له سمي فارنوكينون (فيتامين ك٢) عام ١٩٤٣ ، وينتج الآن في السوق العالمي مركب

تخليقي باسم « مناديون » له نفس نشاط وفعل هذا الفيتامين . وتوجد كميات مناسبة من هذا الفيتامين في السبانخ ، وفي زيت الصويا ، والطماطم وقشور الأرز كما يتم تكوينه في الجسم بواسطة نوع من البكتريا الموجودة بالأمعاء . ويعتبر هذا الفيتامين مسئولا عن تكوين مادة البروثرومبين في الكبد وهي التي تؤدي إلى تجلط الدم .

ويندر أن يتعرض الشخص البالغ لنقص هذا الفيتامين لوجود البكتريا التي تكون هذا الانزيم في أمعائه . أما الأطفال حديثو الولادة ، فلا توجد في أمعائهم هذه البكتريا كما أن كمية الفيتامين التي يحصل عليها الطفل من جسد أمه قليلة جدا ، ولهذا يتعرض الأطفال حديثو الولادة في بعض الأحيان لأنواع من النزيف ، ويمكن التغلب على ذلك بإعطاء الوليد جرعة صغيرة من فيتامين ك .

فيتامينE : عبارة عن مجموعة من المركبات متشابهة التركيب تعرف باسم « توكوفيرول » « Tocopherols » . ويسمى هذا الفيتامين بالفيتامين المضاد للعقم ، حيث تبين أن النقص فيه يؤدي إلى حالات من العقم عند الفئران ، وعدم وصول الدم إلى العضلات . ولاتوجد هناك أدلة على أن هناك نقصا ما في هذا الفيتامين عند الانسان . وقد قام بعض العلماء بمحاولة لاستخدامه في علاج بعض الاضطرابات الدموية ، خاصة الحالات التي لا يصل فيها الدم إلى الأطراف ، ولكن النتائج العامة لهذه الدراسات ليست مرضية . والكمية اللازمة لصحة الجسم حوالي ٣٠ وحدة دولية يوميا .

* * *

ولاتتشابه الفيتامينات في تركيبها ، بل هي تختلف فيما بينها اختلافا كبيرا ، فمنها ما تحتوى جزئياته على الكربون والهيدروجين ، ومنها ما يحتوي على النيتروجين ، ومنهـا كذلك ما يوصف بأنـه حمض أو كحول ، كما أن منهـا ما ينتسـب الى مجموعـة السيترويدات مثـل فيتامـين « د » . ولا شك أن هذا الخـلاف في التـركيب بـين الفيتامينات ، هو الذي جعل لكل منها معنى خاصا في لغة الكيمياء في أجسـاد الكائنـات الحية ، وجعـل لكل منهـا وظيفـة بعينهـا في العمليات الحيوية التي تتم داخل الخلية الحية .

وقد لوحظ أن بعض هذه الفيتامينات قد تصلح كفيتامين في إحدى فصائل الثدييات ، ولكنها لاتصلح لذلك في فصيلة أخرى ، ويرجع ذلك أساسـا الى أن جميع الكائنـات الحية لاتتكلـم نفس اللغـة ولاتستخدم نفس المصطلحات الكيميائية ، بل توجـد هنـاك بعض الفروق الطفيفة في كيمياء التمثيل الغذائي بين هذه الطوائف . ولأن الفيتامين لايشترك إلا في مرحلة معينة من عمليات التمثيل الغذائي ، فإن غياب الفيتامين عن الخلية الحية يتسبب في توقف هذه المرحلة ، مما قد يؤدي كذلك إلى توقف ما يتلوها من مراحل ، ولابد أن ينتج عن ذلك قصور ما في عمليات التمثيل الغذائي تظهر آثاره فيما بعد على هيئة أعراض المرض .

ونظرا لأهمية الفيتامينات لجسد الكائن الحي فقد ظن البعض أن استخدام كميات كبيرة من هذه الفيتامينات قد يشفى بعض الأمراض خاصة تلك الأمراض الخاصة بالجهاز العصبي ، ولكن تبين بعد ذلك

أن الجسم لايستخدم منها إلا ذلك القدر الضئيل الذي ذكرناه أمام كل منها من قبل ، ولايستطيع الاستفادة من الكميات الزائدة منها . وتؤدي الزيادة في تناول الفيتامينات إلى الإضرار بصحة الفرد وإصابته ببعض العلل والأمراض ، ومثال ذلك ظهور بعض أعراض التسمم عند تناول جرعات كبيرة من فيتامين « أ » أو فيتامين « د » ، أو فيتامين « ك » ، وكثيرا ما يصحب هذه الأعراض تضخم الطحال وسقوط الشعر وآلام العظام .

ويتضح من كل ذلك أن هناك توازنا دقيقا يجب المحافظة عليه ضمانا لصحة جسد الكائن الحي ، فنقص الفيتامينات يؤدي إلى الإصابة بعديد من الأمراض ، وزيادتها عن الحد المطلوب يؤدي كذلك إلى الإصابة بغيرها من الأمراض . أما الفائدة الحقيقية من هذه الفيتامينات فتكون عند حصول الجسد على القدر المناسب منها والذي يكفي فقط لاستكمال العمليات الحيوية التي تجري داخل الخلية الحية .



-١٣-
العوامل الوراثية

يتبين لنا من الباب السابق أن البروتينات تلعب دورا هاما ورئيسيا في حياة الكائن الحي فهي التي تقوم بأغلب الوظائف الحيوية في الجسم كما أنها تضفي على هذا الكائن الصفات الرئيسية التي يتميز بها جنسه عن بقية الأجناس . والسؤال الذي يطرح نفسه الآن هو كيف تقوم الخلية الحية بتصنيع هذه الجزيئات المعقدة التركيب وكيف تتحكم في تكوين أنواعها المختلفة بهذه الدقة الفائقة ؟

وتقع مسئولية تصنيع البروتينات في الخلية بالدرجة الأولى على عاتق بعض الأجسام النووية الخاصة التي تعرف باسم الكروموسومات (الصبغيات) التي ذكرناها من قبل . ولو أننا رأينا عملية انقسام الخلايا تحت الميكروسكوب لرأينا شيئا مثيرا يعد من أعجب العمليات البيولوجية على الإطلاق . فقبل أن تنقسم الخلية الأم تظهر بها مجموعتان من الكروموسومات المتشابهة بدلا من المجموعة الأصلية ، أي ينتج زوجان متماثلان من كل كروموسوم . وتلتوي كل مجموعة من هذه الكروموسومات على نفسها أولا ثم تنفصل عن بعضها البعض وتهاجر كل منها إلى أحد اطراف الخلية ويتكون غشاء رقيق يفصل بين نصفي الخلية فتنتج بذلك خليتان جديدتان . ونلاحظ في عملية الانقسام أن الخلايا الجديدة الناتجة تحتفظ كل منها بمجموعة من الكروموسومات مشابهة تماما في النوع والعدد لكروموسومات الخلية الأم .

ويتبين من ذلك أن عملية الانقسام لا يصحبها نقص في عدد الكروموسومات بل إن هذا العدد يظل ثابتا في كل خلية على الدوام مهما تعددت عملية الانقسام . فنجد مثلا أن جميع خلايا الإنسان تحتوي على ٤٦ (كروموسوم) لا تزيد ولا تنقص بينما تحتوي خلايا الفأر على ٤٠ كروموسوم وهكذا . وهذه الكروموسومات هي التي تعطي الصفات الرئيسية للكائن الحي وتحدد نوعه وهي التي تحمل جميع التعليمات الخاصة بالصفات الوراثية للنوع الواحد ، فطول القامة أو قصرها ولون الشعر والعيون إلى غير ذلك من الصفات ترجع كلها إلى ما تحدده التعليمات المنقوشة على هذه الكروموسومات ، وأي تغير في تركيب هذه الكروموسومات الكيميائي لابد وأن يترتب عليه تغير ما في الصفات العامة للكائن الحي .

وقد أحاط الغموض والإبهام بهذه الكروموسومات لفترة طويلة وعجز العلماء عن فهم دورها الحقيقي حتى وقت قريب ولكن تقدم مختلف العلوم الطبيعية واستحداث كثير من طرق الأداء الجديدة سمح لهم بقدر من المعرفة عن طبيعة هذه الكروموسومات وتركيبها الجزيئي وقطعوا في ذلك شوطا كبيرا ، وإن كان مازال أمامهم الكثير في هذا المجال . ومن المعروف اليوم أن كروموسومات الخلية تتكون أساسا من صنفين هامين من الجزيئات الكيميائية ، الصنف الأول : جزيئات البروتين التي سبق ذكرها ، والصنف الثاني : يعرف باسم حمض ديزوكسي رايبوز النوويDNA وهي تمثل اختصارا يتكون من الأحرف الأولى لاسمه العلمي . وتلتف جزيئات البروتين حول

جزيئات الحمض النووي DNA مكونين معا ما نسميه بالكروموسوم .

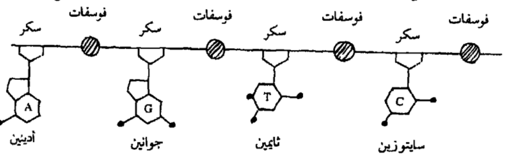
وقد اتضح أن كمية الحمض النوويDNA في كل كروموسوم ثابتة لا تتغير . وينبني على ذلك أن تصبح كمية الحمض النووي في خلية من نفس النوع ثابتة على الدوام لاحتواء كل من هذه الخلايا على نفس العدد من الكروموسومات . كذلك فإن خلية الحيوان المنوي أو خلية البويضة التي تحتوي على نصف العدد من الكروموسومات بالنسبة للخلية العادية للكائن الحي تحتوي على نصف الكمية من الحمض النووي بالنسبة لمثيلاتها من الخلايا العادية . أما خلايا الكبد الثنائية التي تحتوي كل منها على نواتين فإن بها ضعف العدد من الكروموسومات وبذلك فإنها تحتوي على ضعف الكمية من الحمض النوويDNA . وهذا الثبات في كمية الحمض النوويDNA بالنسبة لكل كروموسوم هو ما يجب أن نتوقعه إذا كان هذا الحمض هو العامل الرئيسي الذي يتحكم في الصفات الوراثية . والآن مم يتركب هذا الحمض النوويDNA ؟

هناك نوع ما من التشابه بين الحمض النوويDNA وبين جزيئات البروتين ، فكلاهما يتكون من جزيئات ضخمة عملاقة تتكون من آلاف الذرات تترتب على هيئة سلسله رئيسية طويلة تتفرع منها أفرع جانبية ، إلا أنه في حالة البروتينات يوجد هناك حوالي عشرين نوعا من الأفرع الجانبية وهي تتوقف على نوع الحمض الاميني الذي يدخل في تركيب السلسلة البروتينية ، بينما لا تحتوي سلسلة الحمض النوويDNA إلا على عدد محدود من الأفرع الجانبية لا تزيد على أربعة

أفرع، وهي تتركب من أربعة أنواع من الامينات الحلقيةلاتزيدعنها

وتنطبق هذه الصورة العامة على جميع الأحماض النووية الموجودة بجميع الكائنات الحية من الفيروسات والبكتريا إلى النبات والحيوان ، حتى أنه يقال إن هناك صلة وثيقة بين الرجل والنحلة والزهور والميكروبات ، ولكنها بالقطع ليست صلة في الرحم بل هي صلة في الأصول التركيبية للحمض النووي . ويمكن استخلاص الأحماض النووية من الخلايا بطرق بسيطة وعزلها في أنابيب الاختبار وقد أجريت عليها عشرات من التجارب أدت إلى اكتشاف تركيب هذه الأحماض وقد تبين أن الحمض النووي يتركب من سلسلة طويلة جدا تتكون من وحدات متبادلة من وحدات السكر ومن مجموعات الفوسفات .

ومن الملاحظ أن جزيئات السكر التي تدخل في تركيب هذه السلسلة هي دائما من نوع خاص لايتغير يعرف باسم سكر ديزوكسي رايبوز. وإليه ينسب المقطع الأول من اسم الحمض النووي نفسه . كذلك ترتبط جزيئات السكر المذكور دائما بنفس الأسلوب بمجموعة الفوسفات (مجموعة حمض الفوسفوريك) مما يجعل السلسلة الطويلة للحمض النووي غاية في الانتظام حيث تتابع فيها الوحدات بالشكل التالي : سكر ـ فوسفات ـ سكر ـ فوسفات ـ آلاف المرات .



سلسلة مفردة للحمض النووي DNA

ورغم انتظام السلسلة الرئيسية بهذا الشكل الدقيق فإن الأفـرع الجانبية لها ليست بهذا الانتظام تماما . وتتكون الأفرع الجـانبية من بعض القواعد العضوية الحلقية التي تتصـل بوحـدات السـكر على طول السلسلة وهي لا تفعل ذلك في تتابع منتظم ولكنها تختلف في الترتيب من قطاع لآخر خلال السلسلة الطويلة . ولا تتنوع القواعد العضوية التي ترتبط بوحدات السكر تنوعا حرا مطلقا ولكن هنـاك أربعة فقط من هذه القواعد هي التي لها القدرة على هذا الارتباط وهي تعرف باسماء خاصة هي :

Adenine A الادينين

Guanine G الجوانين

Thymine T الثايمين

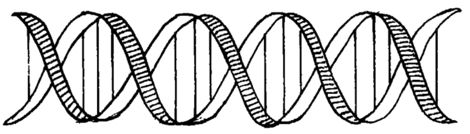
Cytosine C السايتوزين

وترتبط هذه القواعد الأربعة مع وحدات السكر على طول سلسلة الحمض النووي ، وهي قد تترتب بطرق متعددة خلال السلسلة الطويلة ، فقد يتلو بعضها البعض ، وقد تتكرر الواحدة منها أكثر من مرة وهكذا .

ويمكننا أن نتصور الاحتمالات الضخمة التي تنشأ عن هذا الترتيب إذا علمنا أن ارتباط هذه القواعد بوحدات السكر قد يتكرر آلاف المرات على طول سلسلة الحمض النووي ، حتى أنه يمكننا القول أنه لا يوجد هناك حمضان نوويان متشابهين تمام الشبه . ولهذا الترتيب أهمية قصوى حيث أنه هو الأساس الذي تبنى عليه الصفات الوراثية لكل حمض نووي كما سنرى فيما بعد .

والآن وقد علمنا أن كل خيط من خيوط الحمض النووي يتكون من سلسلة طويلة تتتابع فيها وحدات السكر والفوسفات وترتبط بها بعض الأفرع الجانبية من القواعد العضوية الأربعة السالفة الذكر، يبقى أمامنا سؤال يحتاج الى بعض التوضيح ، فهل يمتد هذا الجزيء العملاق على هيئة سلسلة منبسطة أو يلتوي على نفسه هو الآخر مثل جزيئات البروتينات ؟

وقد تمكن العلماء من الإجابة على هذا التساؤل بعد دراسة بعض هذه الأحماض النووية بالأشعة السينية ، فقد اتضح أن جزيئات هذه الأحماض لا توجد على هيئة سلاسل منبسطة ، بل توجد دائما على هيئة لولب أو حلزون منتظم . كذلك اتضح فيما بعد أن الحلزون الواحد يتكون من سلسلتين ، أي من جزيئين من جزيئات الحمض النووي DNA ملتفين حول محور واحد.



الحلزون المزدوج للحمض النوويDNA

وتتماسك سلسلتا الحمض النووي في هذا الحلزون المزدوج عن طريق ارتباط القواعد العضوية في إحدى السلسلتين مع القواعد العضوية في السلسلة الثانية على طول الحلزون . ولا ترتبط القواعد العضوية الأربعة ببعضها البعض بطريقة عشوائية ، بل هي تفعل ذلك طبقا لنظام خاص يلعب فيه حجم جزيء هذه القاعدة دورا هاما ، فهي تكون أزواجا خاصة بحيث يتكون كل زوج منها دائما من قاعدة عضوية كبيرة الحجم مثل الادينينA أو الجوانينG مع قاعدة عضوية أخرى صغيرة الحجم مثل الثايمينT أو السايتوزينC .

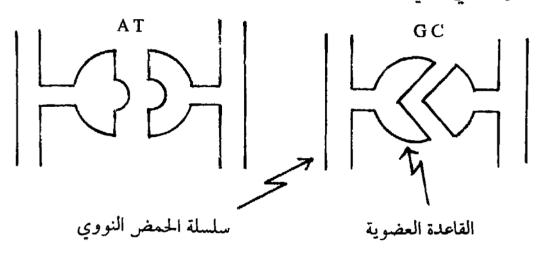
ولا يمكن أن يتكون الرباط بين قاعدتين صغيرتين في الحجم لعدم استطاعتهما ملء الفراغ الواقع بين سلسلتي الحلزون ، وبذلك يصعب عليهما حتى التلامس مع بعضهما . كذلك لايمكن حدوث ازدواج أو ارتباط بين قاعدتين عضويتين كبيرتين في الحجم مثل الادينينA أو الجوانينG لأن تقابلهما داخل الحلزون سيملأ فراغا أكبر من الفراغ الواقع بين سلسلتي الحلزون المنتظم مما يؤدي الى انبعاج هذا الحلزون والإخلال بنظامه وبشكله العام . وتبعا لهذه القاعدة فان تكوين حلزون مزدوج منتظم من سلسلتين من سلاسل الحمض النوويDNA يقتضي أن تقع قاعدة عضوية صغيرة في إحدى

السلسلتين أمام قاعدة كبيرة في السلسلة الأخرى حتى تتوفر الظروف الملائمة لحدوث الارتباط بين هاتين القاعدتين .

ويتكون الرباط بين القواعد العضوية في سلسلتي الحمض النووي عن طريق الرباط الهيدروجيني الذي ذكرناه من قبل عند شرحنا لسلاسل البروتينات ، فتنجذب ذرة الهيدروجين المتصلة بذرة النيتروجين في إحدى القواعد العضوية إلى ذرة الاكسجين في القاعدة الثانية . وقد اتضح من دراسة عدد كبير من الأحماض النووية ان القاعدة العضوية المسماه أدينينA لا تزدوج ، أي لا ترتبط بالرباط الهيدروجيني، إلا مع الثايمينT ،كما أن الجوانينG لا يرتبط إلا بالسايتوزينC، ولا يمكن حدوث أي ازدواج من نوع آخر بين هذه القواعد ، حيث أن هذا الازدواجA معT ، وG معC يحقق جميع الشروط السابقة من ناحية الحجم المناسب ومن ناحية القدرة على تكوين الرباط الهيدروجيني في أفضل صورة

ويلاحظ في الشكل السابق أن الازدواج بين كل من السايتوزين C والجوانين G يأتي نتيجة لوجود ثلاثة أربطة هيدروجينية بينما ينشأ الازدواج بين الأدنينA والثايمينT نتيجة لوجود رباطين هيدروجينين فقط . ويمكن تبسيط عملية الازدواج السابقة الذكر إذا شبهنا هذه

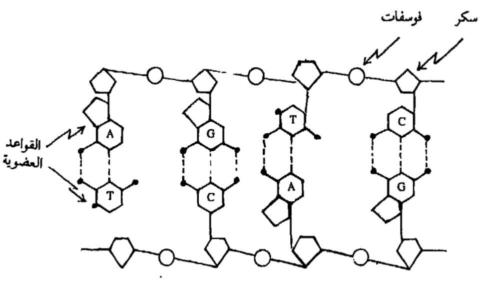
القواعد ببعض لعب الأطفال التي تحمل أشكالا معينة من التجاويف والنتوءات والتي لا يمكن تركيبها أو تجميعها إلا إذا تقابل كل نتوء مع تجويف مناسب له في الشكل والحجم . وعلى ذلك فكل قطعة من هذه اللعب لا تتداخل إلا في قطعة أخرى معينة مناسبة لها . وعلى هذا فيمكن تمثيل عملية ازدواج القواعد العضوية بالشكل التوضيحي التالي :



سلسلة الحمض النووي   القاعدة العضوية

وتعني عملية الازدواج السابقة أنه إذا وجد جزيء من الادنينA في الحمض النووي فلابد أن يوجد به جزيء آخر من الثايمينT ، وأنه إذا وجد ألف جزيء منA فلابد أن يوجد الف جزيء آخر منT في نفس الحمض النووي . وقد اتضحت صحة هذه القاعدة بتحليل الحمض النووي ، فقد وجد أنه يحتوي على كمية من الادنينA تساوي تماما كمية الثايمينT . كذلك وجد أن كمية الجوانينG تساوي كمية السايتوزينC في نفس الحمض النووي. ويعتبر هذا إثباتا عمليا لنظرية الازدواج السالفة الذكر . ويعتبر هذا الازدواج بين القواعد العضوية في كل سلسلة هو السبب الرئيسي في أن هاتين السلسلتين تتخذان شكل الحلزون .

ويمكن تصور شكل الحلزون المزدوج للحمض النوويDNA على أنه يشبه سلما من الحبال ملتويا حول نفسه أو سلم الحريق الحديدي الذي يدور حول محور في وسطه بحيث تشبه جوانب هذا السلم أو الحبلان الرئيسيان فيه سلاسل السكر والفوسفات في حين تشبه الدرجات الموصلة بينهما أزواج القواعد العضوية المرتبطة مع بعضها البعض بالرباط الهيدروجيني .



ازدواج سلسلتي الحمض النوويDNA داخل الحلزون

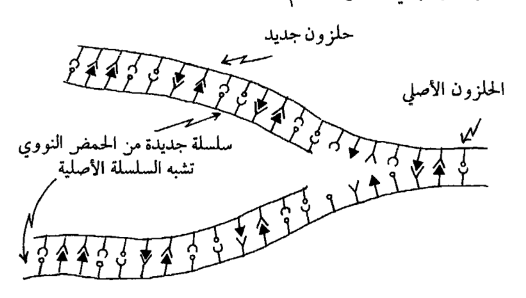
وعلى الرغم من الالتزام الدقيق بقاعدة ازدواج القواعد العضوية داخل الحلزون بحيث لا يرتبط الA معT ، وC معG فقط ، فإن هذا لا يفرض أي حظر على النمط الذي تترتب به هذه الأزواج خلال حلزون الحمض النووي ، فأي زوج منها قد يتلو الزوج الآخر أو قد يتكرر الزوج نفسه عدة مرات . ويقع الاختلاف بين حمض نووي وآخر في الطريقة التي تترتب بها أزواج القواعد العضوية خلال

سلسلة الحمض النووي. وقداتضح ذلك من تحليل أكثر من أربعين نوعا من الأحماض النووية ، فعلى الرغم من تساوي كميةA معT ، و C معG في كل نوع من الأحماض ، إلا أنه وجد أن نسب هذه القواعد تختلف من حمض لآخر ، وأن هذا يعتمد اعتمادا كبيرا على الجنس الذي يفصل منه الحمض النووي .

وإحدى النتائج الهامة للتركيب السابق للحمض النوويDNA هو أنه يستطيع أن ينتج نسخة طبق الأصل من نفسه عند الضرورة ، حيث أن الحلزون يتركب من سلسلتين تعتبر كل منهما مكملة للأخرى . وينبني على ذلك أن أيا من هاتين السلسلتين يمكن أن تعمل على هيئة قالب وتستطيع أن تكون صورة أخرى مكملة لها تشبه السلسلة الأخرى تمام الشبه .

ويمكن تصور ما يحدث على الوجه التالي : أولا تبتعد السلسلتان المكونتان للحلزون ، كل منهما عن الأخرى وقد تنفصلان عن بعضهما البعض تماما . ثانيا تقوم كل من هاتين السلسلتين بتركيب سلسلة أخرى مكملة لها ، وذلك بالتقاط بعض الوحدات النووية المناسبة لها من سوائل الخلية متبعة في ذلك قاعدة الازدواج التي سبق ذكرها بالنسبة للقواعد العضوية . والمقصود بالوحدات النووية هنا هي تلك المجموعة الثلاثية التي تتكون من جزيء من السكر ومجموعة الفوسفات مرتبطة بالقاعدة العضوية . ويبدو أن مثل هذه الوحدات توجد بوفرة في الخلية الحية . وهكذا تقوم كل من السلسلتين بتكوين نسخة تامة الشبه من النصف الأصلي للحلزون الذي انفصلت عنه فيتكون لدينا في نهاية الأمر حلزونان جديدان بدلا

من الحلزون الأصلي ، ويكون فيهما ترتيب القواعد العضوية هو نفس الترتيب في الحلزون الأم .



ويتضح مما سبق أن عملية الانفصال وإعادة البناء المذكورة لاتتم اعتباطا ولكنها تتم دائما طبقا لقاعدة ثابتة تؤدي دائما إلى الاحتفاظ بنفس الترتيب النمطي أو نفس النسيق الذي تترتب به القواعد العضوية في السلسلة ، مما يؤدي إلى الاحتفاظ بالصفات الوراثية للكروموسوم كما هي دون تغيير . وتفسر هذه الطريقة الأسلوب الذي تتبعه الخلية عند انقسامها والسبب في تشابه جميع الكروموسومات في جميع خلايا الجنس الواحد .

ويعتبر أي عامل وراثي مهيئا للقيام بمهمته إذا استطاع أن يكون صورة تامة الشبه أو نسخة تامة من نفسه عند الضرورة ، وقد رأينا كيف استطاع الحمض النوويDNA أن يفعل ذلك ، ويبقى علينا بعد ذلك أن نعرف كيف يستطيع هذا الحمض النووي أن يتحكم في الصفات الوراثية للنوع ، وكيف يتحكم في نمو الخلية الحية .

ولم تعرف بعد على وجه التحديد الطريقة التي يتبعها الحمض النووي للتحكم في بناء الجزيئات العضوية الهامة التي تستخدمها الخلية الحية في نموها ، ولكن المتعارف عليه الآن أن الحمض النووي DNA يحمل في تركيبه أعدادا هائلة من التعليمات الخاصة ببناء البروتينات المختلفة التي تحتاجها الخلية في عملها والتي تبلغ المئات . وأغلب هذه البروتينات تعمل على هيئة انزيمات أي عوامل حفز بيولوجية تساعد على توجيه مئات من التفاعلات وتساهم بذلك في تشكيل كثير من المركبات الحيوية الأخرى .

ويحمل الحمض النوويDNA تعليمات وراثية متعددة قد تصل إلى عشرات الآلاف . وهذه التعليمات تتحكم في جميع صفات الكائن الحي فهي التي تجعل العيون سوداء أو زرقاء وهي التي تلون ريش الطيور بألوانها الزاهية وتعطي للأزها رائحتها الذكية . وتتجمع هذه الرسائل في الحمض النووي على هيئة جينات« genes » وكل « جين » منها عبارة عن قطاع من قطاعات الحمض النووي يتركب من مجموعة متجانسة من التعليمات المكتوبة بلغة الحمض النووي ، وقد تحتوي الفيروسات وهي أصغر الموجودات التي تحتوي على مقومات تناسخها على بضع مئات من الرسائل أو الجينات بينما تحتوي خلية البكتريا على حوالي ١٠٠٠ من هذه الجينات، كما أن الخلية البشرية قد تحتوي على ما يقرب من مليون من هذه الجينات أو أكثر .

ولا تتصل جينات الانسان في خيط واحد ولكنها تتوزع على ٤٦ جزيئا من جزيئات الحمض النووي التي تكون كروموسومات الخلية

البشرية . ولو أننا جمعنا ، نظريا ، جزيئات الحمض النوويDNA في خيط واحد لبلغ طوله ما يقرب من المتر ، وينتج هذا المتر الـذي يحتوي على جميع التعليمات اللازمة لتكوين الكائن الحي ، في اللحظة التي يلتحم فيها الحيوان المنوي مع البويضة عند التلقيح ويجب عليه أن يتناسخ بدقة هائلة بلايين المرات اثناء نمو الجنين .

وتعتمد معاني الرسائل الـوراثية ومـا تحملـه من معلومـات على الطريقة التي تترتب بها القواعـد العضـوية خلال سلسلـة الحمض النـــووي . ومـــن المعتقـــد أن كلا من الادينـــينA والجوانـــينG والسايتوزينC والثايمـينT تقـوم مقـام النقطـة والشرطـة في شفـرة « مورس » المستخدمة في التلغراف .وعلى هذا فإنـه يمـكن للحمض النووي ، باستخدام التباديل والتوافيق في ترتيب هذه القواعد ، أن يركب منها كلمات وجملا تحمل ملايين المعانـي حتـى أنـه يقـال أن الحمض النووي الموجود في أي خلية من خلايا الجسم البشري يحتوي على ما يكفي من الكلمات لكتابة ألف كتاب من الكتب الكبيرة ذات ستمائة صفحة .

وقد اقترح بعض العلماء أن أحـرف هذه الشفـرة الحيوية يمـكن قراءتها على هيئة كلمات تتكون كل منها من ثلاثـة أحـرف ، وكل حرف من هذه الحروف تمثله إحدى القواعـد العضـوية المذكورة . ويمـكن تصـور كيفية بنـاء جزيئـات البروتـين العملاقـة من حوالي عشرين حمضا امينيا عن طريق هذه الكلمات الثلاثية الأحـرف بأن يأخذ كل حمض اميني مكانه في سلسلة البروتـين عن طريق ترتيب

معين للأحرف (القواعد العضوية) في الحمض النوويDNA الموجود بالكائن الحي والذي سبق له أن ورثه عن أجداده السابقين .

واذا تصورنا جزيئا نمطيا من أحد البروتينات يتركب من حوالي ٢٠٠ وحدة من وحدات الأحماض الأمينية التي تترتب ترتيبا خاصا داخل الجزيء أوعلى طول السلسلة الببتيدية فإن هذا يحتاج الى شفرة أو الى « جين » يحتوي على ٢٠٠ كلمة من هذه الكلمات على الأقل والتي يمثلها تتابع من حوالي ٦٠٠ قاعدة عضوية في جزيء الحمض النووي .

والآن ما هو الداعي الذي يستوجب أن تكون الشفرة ذات كلمات تتكون من ثلاثة أحرف على الأقل ؟ ويمكننا أن نجيب عن هذا التساؤ ل إذا نظرنا للجدول التالي فسيتضح لنا على الفور أن الشفرة الآحادية أي التي تتكون من حرف واحد (قاعدة عضوية واحدة) لا تعطي إلا اربعة احتمالات ، أو أربع كلمات فقط ، في حين أن الشفرة الثنائية ، أي الشفرة التي تتكون من حرفين (قاعدتين عضويتين) ، يمكن أن يتغير فيها ترتيب الحروف (أو القواعد) بحيث تعطى احتمالات أكبر أو كلمات أكثر من الحالة السابقة تبلغ حوالي ست عشرة كلمة (٤×٤ = ١٦) .

وبتطبيق القاعدة السابقة نجد أن الشفرة التي تتكون من ثلاثة أحرف (ثلاث قواعد عضوية) يمكن أن تتعدد فيها احتمالات الترتيب بحيث تعطي ٦٤ احتمالا أو ٦٤ كلمة كل منها تتكون من ثلاثة حروف .

الشفرة الأحادية المقطع	الشفرة الثنائية المقطع				الشفرة الثلاثية المقطع
A	AT	AC	AG	AA	
G	GT	GC	GG	GA	
C	CT	CC	CG	CA	
T	TT	TC	TG	TA	
٤ كلمات	١٦ كلمة				٦٤ كلمة

وحيث أن الأحماض الامينية التي تدخل في تركيب البروتينات يقدر عددها بحوالي عشرين حمضا أمينيا ، فإن الشفرة الثنائية المقطع التي تتكون من حرفين فقط ، لا تصلح لذلك حيث أنها لا تعطي الا ست عشرة كلمة على الأكثر . وإذا تصورنا أن كل حمض اميني يحتاج الى كلمة خاصة به ، فإن هذه الشفرة لا تصلح الا لربط ستة عشر حمضا أمينيا فقط . وينبني على ذلك أنه لربط جميع الأحماض الامينية العشرين بكلمات خاصة ، يلزم استخدام شفرة ثلاثية الأحرف أو ثلاثية المقطع على الأقل ، حيث انها تعطي عددا كبيرا من الاحتمالات يبلغ ٦٤ كلمة أو احتمالا .

ويتضح من ذلك أنه لابد من استخدام تركيب من ثلاث قواعد عضوية على الأقل حتى يمكن بناء بروتين يتكون من عشرين حمضا أمينيا . ونظرا لأهمية الحمض النووي ، فإن الخلية تقوم بحمايته جيدا ، ولهذا فهو يتحصن في النواة ، بعيدا عن السيتوبلازم ، فهناك

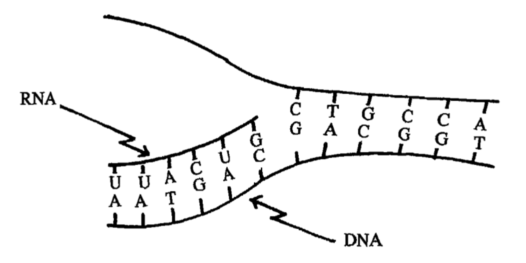
يكون أقل تعرضا للفعل الكيميائي ويبقى بعيدا عن مئات من الجزيئات الكيميائية الأخرى . ولكن كيف تنتقل المعلومات أو الرسائل التي يحملها الحمض النوويDNA إلى بقية الخلية الحية حيث تصنع مختلف البروتينات والانزيمات وغيرها من المواد الهامة التي تؤدي الى الاحتفاظ بالجنس واستمرار الحياة .

إن الحمض النووي DNA لا يقوم بتشكيل جزيئات البروتين بنفسه مباشرة ، ولكنه يفعل ذلك عن طريق وسيط آخر يعرف باسم حمض رايبوز النووي RNA ، الذي يقوم بقراءة الشفرة المكتوبة على جزيء الحمض النووي DNA ، ثم يقوم بنقل هذه المعلومات وينطلق بها في الخلية لتصنيع البروتين المطلوب . ولا شك أن هذا الأسلوب الذكي في العمل يساعد على الاحتفاظ بالحمض النووي DNA سليما على الدوام ، بعيدا عن عوامل البناء والهدم التي تسود الخلية الحية .

ويعتبر جزيء الحمض النووي RNA أحد أدوات التشغيل الهامة في الخلية ، وكل حمض نووي من نوع RNA يحمل تعليمات خاصة طبعت عليه من إحدى جينات الحمض النووي الأصليDNA ، وتحمل هذه التعليمات بين طياتها أوامر بتصنيع بروتين خاص . ويعرف هذا النوع من حمض RNA النووي باسم « المراسل » ، وهو يشبه الحمض النووي الأصلي شبها كبيرا فهو يتكون كذلك من سلسلة تتتابع فيها وحدات السكر والفوسفات وتتصل بها فروع جانبية من القواعد العضوية ، إلا أنه في هذه الحالة يختلف نوع السكر قليلا فهو سكر الرايبوز ، وتحل قاعدة جديدة تعرف

« باليوراسيل » U محل القاعدة العضوية « الثايمين »T .

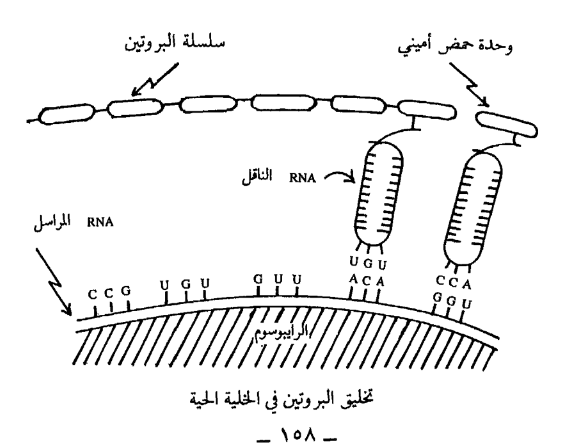
وعلى هذا الأساس فإن تكوين الحمض النووي RNA يتم بنفس الطريقة التي شرحناها في حالة تناسخ الحمض النووي DNA ، إلا أن اليوراسيل U في هذه الحالة يعتبر مكملا للادينين A ، ويحل محل الثايمينT.



وهناك نوع آخر من الأحماض النووية RNA ، وهو يسمى « الناقل » . والعمل الحقيقي لهذا الحمض RNA الناقل ، هو حمل الحمض الاميني ونقله إلى الريبوسومات وترجمة الرسالة التي يحملها RNA المراسل الى لغة الأحماض الامينية ، أي ترجمة لغة DNA إلى لغة البروتينات . وتتكون مفردات لغة الحمض النووي DNA من تتابع خاص للقواعد العضوية في جزيئه ، بينما تتكون مفردات لغة البروتينات من تتابع معين لوحدات الأحماض الامينية في جزيء البروتين .

وتتم عملية تصنيع البروتين في الخلية على الوجه التالي :

يقوم الحمض النووي الأصلي DNA بنسخ رسالته على حمل RNA النووي المراسل ، وينطلق هذا الحمض المراسل خارج النواة حاملا رسالة إلى إحدى الرايبوسومات بالسيتوبلازم ويلتصق بها ، وهناك يلتقي مع قطع صغيرة من الحمض النووي RNA الناقل ، ويبدأ هذا الأخير يتحسس RNA المراسل ، ويقرأ رسالته ، ثم يترجم هذه الرسالة إلى لغة البروتينات ، فيقوم بانتقاء وحدات الأحماض الامينية من المحاليل المحيطة به طبقا لما تمليه الرسالة الأصلية، ويصف هذه الوحدات في سلسلة البروتين كما هو مطلوب في رسالة RNA المراسل ، والنابعة أصلا من جزيء الحمض النووي الأصلي DNA .
لا شك أن هذا شيء مبهر ، ولكن هكذا تجري الأمور في الخلية الحية في دقة ونظام يفوقان الوصف .



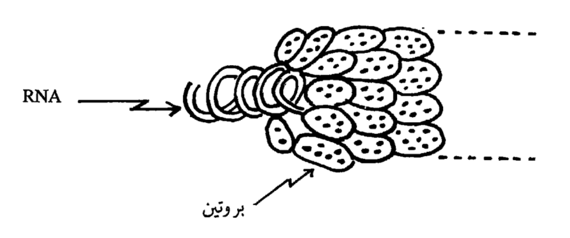
تخليق البروتين في الخلية الحية

ومن المعتقد أن هناك بعض الكلمات القليلة في شفرة الحمض النووي DNA الممثلة في تتابع معين من القواعد العضوية ، لا معنى لها على الإطلاق ، أي أنها لا تستطيع أن ترتبط بوحدات الأحماض الامينية ، ولا تؤدي إلى ترتيبها في سلسلة البروتين . ويعتقد بعض العلماء أن هذه الكلمات التي لا معنى لها في لغة الحمض النووي DNA ذات أهمية خاصة ، فهي قد تعني بدء أحد الجينات أو نهايته ، وبذلك تمثل فاصلا بين مختلف الجينات في جزيء DNA أو فاصلا بين الرسائل الوراثية المختلفة .

وقد تبين أن هذه الشفرة التي نحن بصددها لها صفة العموم ، فهي تستخدم في جميع أنواع الكائنات الحية التي تعيش على سطح الأرض . ومما يعزز هذه النظرية أن بعض أنواع الحمض النووي RNA المختلفة في المعامل استطاعت تصنيع البروتين في مستخلصات الخلايا البشرية ، وكذلك في مستخلصات خلايا البكتريا في بعض التجارب المعملية ، مما يدل على أنه لا توجد هناك فروق جوهرية في التخطيط العام بين مختلف الكائنات الحية .

وحتى الفيروسات التي تعتبر من أصغر الموجودات التي تحتوي على مكونات الحياة ، لا تختلف هي الأخرى كثيرا من هذه الناحية . فالفيروس عبارة عن جزيء من الحمض النووي يحيط به غلاف من البروتين ، وقد يحتوي بعض هذه الفيروسات على RNA فقط بينما يحتوي البعض الآخر على DNA . ومن أمثلة هذه الفيروسات ، فيروس الطباقة المعروف باسم «Tobacco mosaic virus » وهو أحد

الفيروسات التي درست بعناية كبيرة وتبين انه يتكون من حلزون من حمض الرايبوز النووي RNA يحيط به غلاف من جزيئات البروتين .



فيروس الطباق

وحتى عام ١٨٩٢ ، لم تكن كلمة فيروس ، وهي كلمة من أصل لاتيني وتعني « سم » ، تستعمل إلا لوصف بعض مسببات الأمراض الغامضة التي لم تكن من أصل بكتيري أو جرثومي . وقد تبين فيما بعد أن بعض هذه الأمراض ينشأ عن جسيمات صغيرة جدا لا يمكن ترشيحها بمرشحات البكتريا ، ولا تنمو ولا تتكاثر إلا إذا لامست الخلايا الحية ، واستمر إطلاق اسم الفيروسات على هذه الأجسام .

والفيروسات متعددة الأنواع ، فمنها ما يصيب الانسان بالأمراض ، ومنها ما يصيب النباتات ، مثل ذلك الفيروس الذي أصاب أشجار الكاكاو في ساحل العاج والذي أدى في عام ١٩٣٩ إلى اتلاف ما يزيد على مليون شجرة من هذه الأشجار ، ومنها ما يصيب الحيوانات مثل مرض نيوكاسل الذي ظهر في انجلترا منذ زمن وأدى

إلى هلاك عشرات الألوف من الدجاج . وهناك بعض الأنواع الأخرى من الفيروسات التي لا تصيبنا بالمرض ، ولا تتسبب في المتاعب على الإطلاق.

وتقع الفيروسات بأنواعها المختلفة على الحد الفاصل بين المادة الحية ، وغير الحية ، فهي إذا عزلت بمفردها ، تصبح عديمة النشاط ، وتبدو مشابهة لأي مادة من المواد الكيميائية المعتادة ، ولكنها تنشط في الحال ، ويدب فيها دبيب الحياة إذا دخلت إحدى الخلايا الحية . ويصلح الفيروس المسبب لنزلات البرد المعتادة لتوضيح هذه الحقيقة ، فهذا الفيروس يمكن حفظه وحده في زجاجات المعامل لمدة قد تصل إلى عام أو أكثر دون أن ينحل أو يتكاثر ، مثله في ذلك مثل بلورات السكر أو الملح . ولكن هذا الفيروس ينشط في الحال عند ملامسته للخلايا الحية ، ويبدأ في التكاثر بسرعة رهيبة مسببا الالتهابات وسيولة الأنف وتدميع العيون الى غير ذلك من الأعراض .

ويرجع السبب في نمو الفيروس وتكاثره في الخلية الحية فقط ، إلى أن الخلية الحية هي المكان الوحيد الذي يستطيع الفيروس الحصول فيه على الوحدات النووية اللازمة لصنع صورة مكملة لنفسه . وعندما يصيب الفيروس الخلية الحية ، فإن هذه الخلية تقرأ الرسالة التي يحملها ، وهي تحمل تعليمات للخلية بأن تقوم بصنع مزيد من هذا الفيروس من وحداتها النووية الموجودة بها مما يؤدي في نهاية الأمر إلى استهلاك المكونات الحيوية للخلية وإتلافها ثم موتها .

ويتضح مما سبق أن الأجساد الحية تتكون طبقا للمعلومات والتعليمات والرسائل المسجلة على جزىء الحمض النووي DNA الذي يقبع في نواة الخلية ، وهو الذي يصدر الأوامر التي تجعل الكائن الحي شجرة أو زهرة أو كائنا ما كان ، وهو الذي يجعلنا نختلف عن كل ما حولنا من موجودات . ولا شك أن حدوث بعض التغيرات الطفيفة في تركيب هذا الحمض النووي قد يتسبب في حدوث بعض الأضرار في جسد الكائن الحي ، وقد يؤدي إلى اختلاف مسار الأمور في جسده أو يؤدي الى الوفاة ، وذلك لأن أي تغيير في محتوى الرسالة التي يحملها هذا الحمض النووي يعني النقص في تكوين أحد البروتينات أو أحد الانزيمات ، وبذلك يتعطل عمل الخلية الحية في قطاع ما .

وقد تمكن بعض العلماء من تحضير بعض الأحماض النووية في المعامل ، كما نجح البعض الآخر في تحضير « جين » كامل ، أي رسالة متكاملة ، كما نجحوا في إجراء عملية أخرى على درجة قصوى من الأهمية ، تعرف باسم « اقتطاع الجينات » « Gene Splicing » ويتم في هذه العملية فصل « جين » محدد من سلسلة الحمض النووي DNA ، ثم يُدخل هذا الجين في سلسلة حمض DNA نووي آخر في نوع ما من البكتريا . وقد تمكن العلماء بهذا الأسلوب من تكوين نوع جديد من البكتريا ، تقوم بصنع الانسولين الذي يحتاجه مرضى السكر ، ويتوقعون أن يتمكنوا في القريب العاجل من علاج كثير من الأمراض الوراثية مثل قصر القامة والانيميا وغيرها ، ومن استنباط أنواع جديدة من النباتات تستطيع امتصاص النتروجين من الجو

مباشرة بدلا من احتياجها للمخصبات المرتفعة التكاليف .

ولا شك أن مثل هذه التجارب تحمل بين طياتها بعض الأخطار ، فقد تؤدي بعض البحوث غير المحكومة إلى ظهور بعض الأمراض الجديدة التي قد تعم على هيئة وباء يبيد البشرية بأجمعها ، أو تؤدي إلى إحداث بعض التغييرات في الإنسان نفسه ، وقد يكون لها أثر خطير على مستقبل الجنس البشري بأكمله . وقد اختار العلماء البكتريا لإجراء تجاربهم في مجال اقتطاع الجينات ، وذلك لأن البكتريا سريعة التكاثر بشكل هائل ، فتستطيع خلية واحدة من بكتريا E. Coli المسالمة ، والتي توجد في قولون الانسان ، أن تتكاثر في خلال ٢٤ ساعة لتعطي آلاف الملايين من النسخ المشابهة لنفسها .

وإذا كانت هذه البكتريا قد أدخل في حمضها النووي « جين » جديد ، فإن هذا الجين الجديد سيتم إنتاجه في هذه الخلايا المتكاثرة بنفس المعدل ، آلاف الملايين من المرات في يوم واحد ، ولهذا فكر العلماء في استخدام البكتريا كمصانع لإنتاج هذه الجينات . وقد استخدم هذا الأسلوب في صنع الانسولين الذي يحتاجه مرضى السكر ، والذي لا تستطيع أجسادهم إنتاجه ، ربما بسبب تعطل الجين المسئول عن تكوين هذا الهرمون . ويستخرج هذا الهرمون عادة من البقر أو الخنازير ، ولكنه لا يكون مماثلا في تركيبه تماما لأنسولين بنكرياس الانسان ، ولهذا نجد أن أجساد بعض المرضى بالسكر لا تتقبل هذا الانسولين بشكل مرض .

ويختلف الحال كثيرا في حالة الانسولين المصنع بواسطة البكتيريا ،

فهو مماثل تماما من الناحية الكيميائية للانسولين الذي يفرزه جسد الانسان ، وذلك لأن هذه البكتريا قد حملت بنفس الرسالة (الجين) التي يحملها حمض DNA النووي في الانسان . وقد تم الاعتراف بهذا الهرمون التخليقي في الولايات المتحدة عام ١٩٨٢ ، وكان بذلك أول منتج ينتج بأسلوب اقتطاع الجينات . وقد استخدمت هذه الطريقة كذلك في معالجة قصر القامة في الانسان وينتج قصر القامة عادة نتيجة للنقص في هرمون النمو الذي تفرزه الغدة الصنوبرية كما هو ملاحظ في حالة الأقزام .

وقد كانت الطريقة المتبعة في علاج هذا النقص في هرمون النمو ، إعطاء الطفل القليل النمو بعضا من هذا الهرمون المستخلص من الغدة الصنوبرية لبعض الموتى ، ولكن الأمر كان يستدعي العلاج لمدة عام كامل على الهرمون المستخلص من حوالي خمسين شخصا ، وهو أمر عسير ومرتفع التكاليف . ولا شك أن نقل الجين المنتج لهذا الهرمون إلى البكتريا ، سيساعد كثيرا على زيادة إنتاج هذا الهرمون ويجعله في متناول الجميع .

كر العلماء في انتاج الانترفيرون« Interferon » بهذه الطريقة . والانترفيرون بروتين يجري تصنيعه في الخلايا التي تصاب بالفيروسات . ويعتقد العلماء أن الانترفيرون يستطيع مقاومة تكاثر الفيروسات المسببة للسرطان داخل الخلايا ، ولكنهم لم يتمكنوا من إثبات ذلك بشكل قاطع نظرا لضآلة كمية الانترفيرون التي يمكن الحصول عليها باستخلاص خلايا الدم ، ولارتفاع تكاليفه بشكل باهظ .

ويسود الاعتقاد الآن ، بأن كثيرا من الأمراض تنتج عن غياب أحد الجينات في سلسلة الحمض النووي DNA الموجودة بنواة الخلية ، أو قد تنتج عن وجود خلل ما في أحد الجينات لأسباب وراثية . وقد تفلح طريقة اقتطاع الجينات مستقبلا في علاج مثل هذه الأمراض والتخلص منها . ولن يقتصر استخدام هذه الطريقة عند نجاحها على علاج الأمراض ، بل قد تفيد مستقبلا في زيادة الإنتاج النباتي والحيواني وتساعد بذلك على حل مشكلة الغذاء في العالم . وقد استخدمت البكتريا فعلا في إنتاج الحمض الاميني المعروف باسم « برولين » بطريقة اقتطاع الجينات ، ويستخدم هذا البروتين في بناء البروتينات التركيبية في أجساد الكائنات الحية ، وبذلك يمكن استخدامه غذاء للماشية .

كذلك يمكن باقتطاع بعض الجينات المرغوب فيها من سلسلة حمض DNA النووي في بعض النباتات ، ونقلها إلى سلسلة الحمض النووي في نباتات أخرى ، تحسين النوع وإنتاج سلالات جديدة أفضل نوعا وكما ، مما سينعكس أثره على تحسين الاقتصاد العالمي . كذلك يفكر البعض في تحسين بعض الجينات أو زيادتها خاصة تلك التي قد تساعد على زيادة كمية الكحول الناتج عن تخمير الذرة ، وعندئذ يمكن استخدام هذا الكحول وقودا للسيارات ومختلف آلات الاحتراق الداخلي مما سيساعد كثيرا على خفض استهلاك البترول ومشتقاته .

ولا حدود للفكر في هذا المجال ، فيرى البعض أنه من الممكن مستقبلا إنتاج انواع من البكتريا تستطيع استخلاص المعادن النادرة

والنفيسة من التربة دون عناء ، وانتاج أنواع من النباتات لها القدرة على تكوين مخصباتها الخاصة ، ويمكن بذلك زراعتها في أي نوع من التربة . ورغم بعض الفوائد المتوقعة من نقل بعض الصفات الوراثية عن طريق اقتطاع الجينات ، وإعادة تشكيل سلاسل الحمض النووي DNA ، فإن هناك من يتخوفون من بعض نتائجها الضارة ، خاصة عندما نأخذ في الاعتبار تلك الأفكار التي ترى أنه من الممكن إحداث تغييرات معينة في الإنسان نفسه ، فقد يكون لمثل هذه التجارب أثر خطير على مستقبل الجنس البشري بأجمعه .

وقد استطاع بعض العلماء أن ينقلوا ذاكرة أحد فئران التجارب المدربة الى فأر آخر غير مدرب ، وذلك بنقل بعض محتويات السائل النخاعي من الفأر المدرب الى نخاع الفأر الثاني غير المدرب . والشيء المدهش ان الفأر الثاني اكتسب خبرة الفأر الأول في الحال بمجرد انتهاء عملية حقن النخاع . وقد استنتج من قاموا بهذه التجربة ان حمض RNA النووي ، الذي يوجد في نخاع الفأر الأول ، هو الذي يحمل الشفرة المتعلقة بالخبرة والمران ، وأن مجرد نقله الى نخاع الفأر الثاني ، أكسبه هذه الخبرة في الحال .

ولهذه التجربة أبعاد رهيبة يمكن توقعها ، فهي تعني انه يمكن نقل الخبرة من فرد لآخر دون مجهود يذكر ، وبذلك نستطيع أن نعلم القلة ، ثم ننقل ما في رؤوسهم إلى الكثرة . كذلك تعنى أننا يمكن أن نتحكم في نوع الخبرة التي نعطيها للآخرين ، وقد تكون هذه هي الوسيلة للسيطرة على الغالبية من البشر بعد أن نحقنهم بالقدر الذي نريده من الخبرة والمعلومات . ولا تقتصر خطورة هذه التجارب عند

هذا الجانب الإرادي فقط ، فهناك كذلك الجانب اللاارادي منها ، وهو الذي ينتج عن الأخطاء غير المقصودة التي قد تؤدي الى تكوين بكتريا ضارية أو نوع من الفيروس لا يمكن مقاومته فيقضي على الجنس البشري بأكمله ، ولهذا فرضت كثير من الأمم بعض القيود على هذه البحوث ، ووضعت بعض القواعد والمقاييس التي يمكن الاسترشاد بها عند إجراء هذه التجارب .

ولنا الآن أن نتساءل ، هل استطاع الانسان حقا أن يتعلم لغة جسده ؟ وهل سيعود عليه ذلك العلم بالنفع أم يفتح عليه بابا جديدا من المتاعب والصعوبات ؟



-١٤-

منظمات النمو

تعتبر البويضة المخصبة ، في أغلب الكائنات الحية ، معبرا بين جيل وآخر من نفس النوع . وتبدأ حياة الكائن الحي بخلية واحدة في أغلب الاحوال ، ثم تبدأ عملية النمو بعد ذلك بأسلوب واحد لا يتغير ، فتبدأ خلية البويضة المخصبة في الانقسام مرات ومرات حتى يتكون الكائن الحي الكامل في نهاية الأمر . وتنتقل الرسائل الوراثية التي تحملها الكروموسومات من خلية الى أخرى أثناء عملية الانقسام بدقة بالغة ، وذلك عن طريق تناسخ الأحماض النووية DNA بالطريقة التي سبق ذكرها ، حتى يتم في نهاية الأمر تخليق مختلف الأنسجة والأعضاء التي يتكون منها الكائن الجديد.

ومما يثير العجب حقا ، أن كثيرا من الخلايا الحية لا تستمر في عملية الانقسام على الدوام ، ولكنها تتوقف عن الانقسام بعد فترة ما ، على حين أن بعض الخلايا الحية الأخرى تستمر في عملية الانقسام بصفة دائمة دون كلل أو ملل . ويظهر هذا الفارق بوضوح في خلايا الجنين دائبة الانقسام بالمقارنة ببقية خلايا الكائن الحي التي تتوقف عن الانقسام عندما يصبح الكائن متكامل البناء .

وتتسم هذه العملية بالغموض الشديد ، فلا يبدو هناك سبب واضح يبرر مثل ذلك الخلاف الغريب في نشاط هذه الأنواع من الخلايا . وقد دفع هذا الغموض بعض العلماء للبحث عن ذلك

العامل الذي يدفع إحدى الخلايا للانقسام المتتابع ، وقاموا بإجراء بعض التجارب على الخلايا النباتية ، باعتبارها أكثر وفرة وأيسر في تناولها من الخلايا الحيوانية .

وقد أوضحت هذه التجارب أن عملية الانقسام الخلوي المتتابع لا علاقة لها بنوع الخلية الحية أو بموقعها من الكائن الحي ، كما بينت هذه الدراسات أن جميع الخلايا الحية تتشابه في قدرتها على الانقسام المتتابع إذا توفرت لها بعض الظروف المناسبة في البيئة المحيطة بها . وقد أمكن إثبات هذا الفرض بصورة عملية عندما تم تحويل بعض الخلايا النباتية البالغة ، والتي توقفت عن الانقسام منذ زمن ، إلى خلايا نشيطة نامية دائبة الانقسام ، والشيء المدهش حقا ، أن بعض هذه الخلايا التي أعيد إليها شبابها ، إن جاز لنا ان نقول ذلك ، قد أمكن تحويلها من خلية مفردة الى نبات كامل من نفس النوع .

وقد أثبتت هذه التجارب ، أنه ليس هناك في الحقيقة شيء خاص في البويضة المخصبة ، بل ربما كانت البويضة المخصبة هي أقل الخلايا تخصصا في الكائن الحي ، كما أثبتت بصورة عملية أن كل خلية حية تحمل في نواتها نفس التعليمات والصفات الوراثية الأصلية التي تحملها نواة خلية الجنين في هذا النوع . وقد أجريت بعض هذه التجارب على شرائح رقيقة من جذر نبات الجزر ، وهي تتكون من خلايا لا قدرة لها على الانقسام أو النمو تحت الظروف المعتادة التي يعيش فيها النبات .

واستخدم في هذه التجارب أوساط غذائية مختلفة ، واتضح أن

أفضل هذه الأوساط هو لبن جوز الهند الذي يعيش عليه جنين نبات جوز الهند ، وقد دفع هذا الوسط الجزر الى النمو بشكل هائل ، حتى أن وزن هذه القطاعات أو الشرائح التي لا تنمو عادة ، قد تضاعف ثمانين مرة خلال عشرين يوما فقط . وتدل هذه التجربة الفريدة ، على أن لبن جوز الهند قد أطلق في هذه الخلايا ميكانيكية خاصة كانت ساكنة ونائمة تحت الظروف العادية المحيطة بالنبات . وبدأ لأول وهلة أن لبن جوز الهند هو مفتاح عملية التحول من خلايا ساكنة إلى خلايا نامية ، وأن أي نوع من الخلايا يوضع في هذا الوسط تحت الظروف المناسبة ، يستطيع أن ينمو ويتكاثر في الحال .

وقد اتضح فيما بعد أن الأمر ليس كذلك ، فلم يصلح لبن جوز الهند مثلا لدفع خلايا درنات البطاطس إلى النمو ، بل اتضح كذلك أن هناك أنواعا من الخلاصات النباتية لها أثر عكسي ، وتستطيع إيقاف عملية النمو بصورة كاملة ، مثل خلاصة خلايا البصل . ويعني كل ذلك أن نمو الكائن الحي لا يخضع فقط للظروف المعتادة مثل وفرة الغذاء أو توفر الماء ، أو وجود الضوء أو الحرارة المناسبة ، ولكنه يخضع قبل كل شيء للأثر المنشط أو المثبط لمجموعة معينة من الجزيئات الكيميائية .

وقد ساعدت مثل هذه التجارب كثيرا على فهم بعض حالات النمو الشاذة التي تحدث أحيانا في بعض النباتات ، والتي تظهر على هيئة أورام متعددة الأشكال . وفسرت هذه الظواهر على أنها تمثل ارتفاعا مفاجئا في تركيز المواد المنشطة التي تؤثر على انقسام الخلايا في

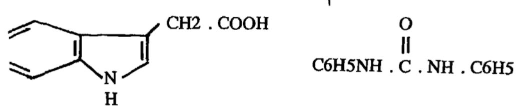
الأجزاء التي تصاب بهذه الأورام . وهناك بعض الشواهد التي تدل على صحة هذا الرأي ، فبعض الخلاصات التي استخرجت من هذه الأورام ، ساعدت بشكل ملحوظ على نمو قطاعات جذر نبات الجزر مما يشير إلى أن هذه الخلاصات تحتوي على بعض العوامل المنشطة لانقسام الخلايا . وقد أمكن في هذه التجارب تحويل بعض الخلايا النباتية المفردة لتعطي نباتا كاملا يتكون من جذر وساق وأوراق وثمار وبذور ، وكأن هذه الخلايا هي خلية الجنين الأصلية .

وتعني عملية نمو الخلية العادية الى نبات كامل أمرين على قدز كبير من الأهمية . الأول منهما أن كل خلية في الكائن الحي مهما كان موقعها ، تحتوي على جميع المقومات اللازمة لتكوين كائن حي ، أي أنها تحمل في كروموسوماتها نفس الحمض النوويDNA ، الذي يحمل الصفات الوراثية التي توجد في البويضة المخصبة . والأمر الثاني ـ وهو أمر عجيب ـ أن الخلية العادية ، لسبب من الأسباب لا يسمح لها باستخدام كل هذه الطاقات المختزنة فيها ، وإنما يسمح لها فقط باستعمال عدد محدود من الرسائل التي يحملها الحمض النووي DNA ، يتفق فقط مع الوظيفة الموكلة إليها .

ويدل ذلك على مدى النظام الفائق التي يسود جسد الكائن الحي ، فكل خلية في جسده رغم احتوائها على ملايين التعليمات والمعلومات ، لا تستعمل إلا القدر الكافي منها الذي يتناسب مع تخصصها ، أي أن جزءا كبيرا جدا من جينات الحمض النوويDNA يبقى معطلا في هذه الخلايا المتخصصة. ويعني هذا كذلك أن جميع

خلايا الجسد تتشابه في الرسائل التي تحملها تماما ، ولكنهـا تختلف فقط في نوع الرسائل التي تستخدمها كل منها ، ولا أحد يعلم كيف يتم ذلك !

ويقع الخلاف الأساسي بين خلية الجسد العادية وبـين البويضـة المخصبة في طبيعة الوسط المحيط بكل منهما ، فخلية الجنين يحيط بها وسط خاص يعرف باسم الاندوسبرم في النبات . وبتحليل لبن جوز الهند الذي يتغذى عليه جنين النبات ، وجد أنه يحتـوي على بعض المركبات الكيميائية التي تستطيع دفع الخلايا للانقسام المتتابع ، وتم فصل بعض هذه المواد مثل « حمض اندول اسيتيك » أو « ثنائي فنيل يوريا » واطلق عليها اسم « الهرمونات النباتية » .



حمض اندول اسيتيك

ثنائي فنيل يوريا

ولا يوجد هناك تشابه في التركيب بين هذين المركبين وأمثالهما ، ولذلك يصعب التوصل الى الطريقة التي تعمل بها هذه الجزيئات داخل الخلية الحية . ورغم أن هذه المركبات تدفـع الخلية الحية إلى الانقسام المتتابع في بعض النباتات ، إلا أنه لم يعرف بعد الأسلوب الذي تدفع به هذه المركبات الجينات إلى استعادة نشاطها . كذلك لا يعرف حتى الآن هل هي تعمل على الجينات مباشرة ، أو تتسبب في حدوث سلسلة من التفاعلات تؤدي إلى هذا الغرض في نهاية الأمر .

وهناك نوع آخر من المركبات التي تساعد الهرمونات النباتية في عملها ، ولكنها لا تتدخل في عملية الانقسام الخلوي ، وتعرف هذه المركبات باسم « المركبات المعضدة » لأنها تزيد من نشاط الهرمونات النباتية عند وجودها معها .

وتتباين هذه المركبات كذلك في التركيب فمنها بعض الكحولات العديدة الهدروكسيل مثل « الصوربيتول »و « المانيتول » ، ومنها ما يحتوي على حلقات سداسية مثل مركب « ٢ : ٤ ـ ثنائي كلوروفينوكسي حمض اسيتيك » الذي يعرف ايضا باسم «٢ : ٤ ـ د» واستخدم كثيرا في إبادة الأعشاب الضارة .

ومن الملاحظ أن المواد المسببة للنمو تساعد بصفة عامة على دفع عملية تخليق البروتين في الخلية الحية ، خاصة ذلك النوع من البروتين الذي لا يتعرض لعمليات التحليل أو الهدم ، والذي يعرف عادة باسم البروتين التركيبي ويستخدم في بناء هيكل الكائن الحي .

ولا توجد هذه المواد المنشطة للانقسام الا في أمكنة خاصة في النبات ، وفي النسيج المحيط بالجنين والمعروف باسم الاندوسبرم ، وهي التي تدفع البويضة المخصبة وخلايا الجنين الى الانقسام المتتابع .

وبالرغم من عدم فهمنا التام للغة الكيميائية لعملية الانقسام المتتابع ، وعدم معرفتنا بالميكانيكية التي تعمل بها منظمات النمو داخل الكائن الحي ، فإن كثيرا من العلماء يعتقدون أن النتائج الأولية التي تم الحصول عليها في مجال الخلايا النباتية ، تصلح كذلك

للتطبيق بالنسبة للمملكة الحيوانية .

وقد أجريت فعلا بعض التجارب على الخلايا الحيوانية ، وسميت هذه التجارب « بالتناسخ » «Cloning » وهـي محاولـة تكوين كائـن كامل من خلية واحدة عن غير طريق التكاثر الجنسي المعتاد . وقـد اتخذت التجارب التي أجريت على الخلايا الحيوانية مسارا مختلفا عن مثيلاتها التي أجريت على الخلايا النباتية ، ففي حالة الخلايا الحيوانية اتسمت هذه التجارب بصعوبتها البالغة ، فقد اقتضى الأمر استخدام خلية البويضة نفسها بعد نزع نواتها التي استبدلت بعد ذلك بنـواة أخرى من أي خلية من خلايا الجسد المراد تناسخه .

والسبب في استخدام خلية البويضة أنها تحتوي على جميع العوامل اللازمة لدفع النواة الى الانقسام ، كما أن النواة الجديدة التي زرعت بها تحتوي الآن على عدد كامل من الكروموسومات بدلا من نصف العدد من الكروموسومات الموجودة أصلا بخلية البويضة والتي تمت إزالتها . فاذا نمت هذه الخلية ، فستعطي كائنا كاملا يشبه الكائـن الذي أخذت منه النواة الجديدة . وقد استخدم هذا الأسلـوب عام ١٩٥٢ في تناسخ الضفادع ، فأخذت بويضة الضفدع ، ثم دمرت نواتها بواسطة الإشعاع ، وزرعت فيها نواة خلية أخرى من خلايا الجسد ، وقد نمت هذه الخلية بعد ذلك نموا طبيعيا وأعطت ضفدعة كاملة النمو .

وقد تبين فيما بعد ، أن نجاح هذه التجارب يعتمد أساسا على زرع النوع الصحيح من النـوى في خلية البويضـة ، فيجـب أن تكون

سرعة انقسام النواة الجديدة متناسبة مع السرعة الأصلية لانقسام خلية البويضة ، وإلا نتج عن اختلاف سرعة الانقسام إنتاج كائنات مشوهة غير كاملة . وتزيد صعوبة هذه التجارب عند إجرائها على الثدييات ، وذلك لأن بويضات الثدييات أصغر حجما وأسرع تلفا ، ويحتاج زرع النواة بها ، دون إتلافها ، إلى الحرص الشديد وإجراء هذه العملية تحت الميكروسكوب . وقد أجريت بعض التجارب على خلايا الأرانب عام ١٩٧٥ ، ولكن النتائج لم تكن مرضية ونمت بعض الأجنة نموا شاذا .

ويختلف الأمر كثيرا في الثدييات عن الضفادع ، فالأخيرة تعيش في الماء وتنمو بويضاتها في الماء كذلك . أما الثدييات فلابد أن تنمو البويضة في الرحم ، ولهذا فقد تضمنت هذه التجارب إخراج البويضة من رحم الأم ، واستبدال نواة جديدة من خلية جسد كائن آخر بنواتها ، ثم إعادة هذه البويضة إلى رحم الأم الأصلية أو إلى رحم أم أخرى تعرف باسم الأم البديلة . ومن الملاحظ أن الحيوان الوليد في هذه الحالة الأخيرة لن تكون له صلة حقيقية بأمه البديلة ، ولن تحتوي خلاياه على المواد الوراثية الموجودة بخلايا هذه الأم .

وقد اختلف وقع هذه التجارب على كثير من الناس ، فيراها البعض رهيبة ومخيفة ، ويراها البعض الآخر مثيرة للاندهاش ، بينما يراها كثير من الناس شيئا خارجا عن نواميس الطبيعة ، وخطأ فاحشا خاصة عند تطبيقها في محيط الانسان .

ومن الطبيعي أن الكائن الناتج بهذا الأسلوب لن يكون نسخة

مطابقة تماما للكائن الذي أخذت منه الخلية ، فهناك احتمال حدوث خلل ما في العوامل الوراثية أثناء نقل النواة ، كما أن أحدا لا يدري أثر هرمونات الأم البديلة وصحتها العامة وطريقة تغذيتها على الخلية النامية التي وضعت في رحمها . كذلك لاشك أن اختلاف البيئة وطريقة الحياة والأمراض التي يقابلها الكائن البالغ ستكون سببا في حدوث خلافات بين هذه الكائنات الناتجة بهذا الأسلوب . وقد يصلح هذا الأسلوب في تناسخ الكائنات في إنتاج أنواع جديدة من النباتات أو سلالات جديدة من الماشية تساعد في حل أزمة الغذاء العالمية .

أما فيما يتعلق بالانسان فهناك موقف أخلاقي لا يمكن التغاضي عنه . فمن الذي سيقرر الصفات الجيدة التي يجب إبرازها في النسخة الجديدة ؟ وهل العبقرية العلمية أفضل من الميول الأدبية والفنية ؟ ، وهل الشعر الذهبي أفضل من الشعر الأسود أو الأحمر ؟ ، وهل سيكون تناسخ الإنسان بهذا الأسلوب ، إن أمكن ، في صالح الجنس البشري والإنسانية جمعاء ؟

هذه هي التساؤلات التي تطوف بذهن العلماء الذين يعملون في هذا المجال والتي لم تجد لها إجابات شافية حتى الآن ، وربما استعصى عليهم الإجابة عنها إلى الأبد .



-١٥-

كيف تنتقل الرسائل خلال الأعصاب؟

إذا تكون الكائن الحي من خلية واحدة ، فإن من المتوقع أن تتم جميع الأعمال الحيوية لهذا الكائن داخل هذه الخلية الواحدة ، فهي في حقيقة الأمر تمثل كيانه كله ، وتنتقل المؤثرات المختلفة في هذه الخلية من جدرانها إلى وسطها عن طريق انتقال الجزيئات الكيميائية خلال السوائل الموجودة بها . أما اذا تكون الكائن الحي من مجموعة كبيرة من الخلايا ، فإنه يصبح من الضروري أن تكون هناك وسيلة ما للاتصال بين هذه الخلايا وللتنسيق بين وظائفها المختلفة ، ولا بد كذلك أن يكون هناك نظام خاص يسمح بنقل المؤثرات والتعليمات المختلفة بين أجزاء هذا الجسد المتعدد الخلايا والمترامي الأطراف .

ويوجد مثل هذا النظام في الكائنات الحية التي تتكون أجسادها من ملايين من الخلايا ، فنجد أن هناك ترتيبا معينا يسمح بنقل المواد الكيميائية من الأجزاء الوسطى لهذه الكائنات إلى الأجزاء الخارجية منها ، فتقوم بعض الغدد المتخصصة بإفراز مواد كيميائية معينة ، تعرف بالهرمونات ، وتطلقها في الدم وهي تحمل مختلف الأوامر والتعليمات .

ولا يعد نظام العمل بالهرمونات نظاما مثاليا ، بل هو يتصف بكثير من النقائص والعيوب ، فهو أولا نظام بطيء الفعل إلى حد كبير ،

وذلك لأن الهرمون الذي تفرزه إحدى الغدد ، لا بد أن ينطلق في مجرى الدم حتى يستطيع أن يصل الى أهدافه ، وعلى ذلك فإن السرعة التي يسري بها الدم في الجسم تعتبر محددة للسرعة التي يعمل بها الهرمون في الجسم ، ولا يمكن طبعا أن تزيد سرعة عمل الهرمون على السرعة التي يتدفق بها الدم خلال جسد الكائن الحي .

وبما أن الدم يحتاج إلى ما يقرب من عشرين ثانية كي يدور في جميع أنحاء الجسم في الانسان ، وفي الرئتين ، فان ذلك الهرمون ، أو تلك الرسالة التي يحملها ذلك الهرمون لن تصل إلى هدفها إلا بعد انقضاء فترة من الزمن تصل الى ما يقرب من عشر ثوان منذ اللحظة التي يفرز فيها من الغدد . ولا شك أن هذا عيب كبير في نظام العمل بالهرمونات ، فعشر ثوان تعتبر فترة زمنية طويلة يمكن ان تحدث فيها أحداث تنتج عنها مخاطر بالنسبة لهذا الكائن الحي . وهناك عيب آخر من عيوب العمل بنظام الهرمونات ، فان هذا النظام يكون عادة غير محدد الاتجاه ، بمعنى ان الهرمون بعد إفرازه من الغدة في الدم ، ينطلق مع تياره دون أن يقصد مكانا معينا ، بل يذيع رسالته على جميع أجزاء الجسم التي يصل إليها الدم دون تمييز .

وقد تكون هذه الرسالة التي يحملها الهرمون موجهة إلى جزء خاص من الجسم ، وهو قطعا سيستجيب لهذه الرسالة ويعمل بها بمجرد وصولها إليه ، غير أن بقية أجزاء الجسم الأخرى التي تصلها نفس هذه الرسالة مع تيار الدم ، لن تفهمها ، ولن تعمل بها ، بل ستقوم بتجاهلها كل التجاهل وكأنها لم تكن . ومن الطبيعي ان هذه

العملية عملية غير اقتصادية في أساسها ، فكل ذلك الهرمون الذي اطلق في الدم وصل إلى جميع أجزاء الجسم الأخرى التي لن تستجيب له ، يعتبر إسرافا لا مبرر له .

وفي حقيقة الأمر ، لا تمثل هذه النقائص أو العيوب ، مثل البطء في الحركة ، او عدم التوجيه ، إهدارا كبيرا للهرمون عندما تكون الرسالة التي يحملها هذا الهرمون خاصة بالنمو ، أو متعلقة بالهضم ، أو تتصل بعملية الاتزان الكيميائي في الجسم ، فجميع هذه العمليات لها صفة العموم ، بمعنى أنه يشترك فيها بلايين من خلايا الجسد ، ولا يعيبها في هذه الحالة عدم التوجيه ، كما أنه لا يعيبها كذلك أنها بطيئة الحركة ، فلن ينتج عن ذلك أي ضرر للجسم إن تأخرت عملية الهضم عشر ثوان أو أكثر ، كما أن عدم التوجيه في هذه الحالات قد يكون مفيدا ، طالما كانت هذه الرسالة التي يحملها الهرمون تتعلق بملايين من الخلايا الحية التي تنتشر في جميع أنحاء الجسم .

ويختلف الأمر كثيرا عندما يتعلق بموضوع تفاعل الكائن الحي مع البيئة المحيطة به ، ففي هذه الحالة ، يحتاج الأمر إلى سرعة الإحساس بالمؤثر الخارجي ، والى سرعة الانفعال به ، كما يحتاج الأمر كذلك الى سرعة فائقة في الاستجابة لهذا المؤثر ، والى دقة متناهية في رد الفعل ، وذلك بتحريك عضلة بعينها أو بتشغيل جزء خاص من الجسم دون بقية الأجزاء .

ولا شك أن قدرة الكائنات الحية على البقاء ، تتوفر دائما لمن يستطيع منها الاستجابة للأخطار المحيطة به بطريقة أدق وأسرع من غيره من الكائنات .

ومن الطبيعي أن نظام العمل بالهرمونات بطيء الحركة . وغير الموجه لا يستطيع تحقيق الاستجابة السريعة للمؤثرات الخارجية الذي تتطلبه بعض الظروف . ولا بد أن نتوقع أن الكائن الحي الذي يعمل بنظام الهرمونات ، لن يستطيع الاستجابة لأي مؤثر خارجي في مدة تقل عن عشر ثوان ، وهي ـ كما ذكرنا ـ المدة اللازمة لانتقال الهرمون في تيار الدم ، وقد تكلفه هذه الاستجابة المتأخرة حياته كلها .

ونستدل من كل ما سبق ، أنه لزيادة مقدرة الكائن الحي على التفاعل مع بيئته ، كان لا بد أن يوجد جهاز من نوع آخر ، متخصص بدرجة كافية ، ويستطيع أن يحقق الاستجابة السريعة للمؤثرات الخارجية بصورة أفضل . ويعرف هذا الجهاز المتخصص عادة باسم الجهاز العصبي ، وهو يتركب من وحدة رئيسية ، كما في الإنسان ، تعرف بالمخ ، الذي يعتبر مركزا لهذا الجهاز ، ومن مجموعة من الأعصاب التي تصل هذا المخ بجميع أجزاء الجسم . وتشبه هذه الاعصاب ، أو الألياف العصبية ، الأسلاك البرقية الى حد كبير ، وذلك من حيث قدرتها على نقل مختلف الرسائل بسرعة هائلة ولمسافات بعيدة ، وبدقة متناهية ، دون أن يكون هناك انتقال فعلي للمادة ، كما أنها لا تستهلك في ذلك إلا قدرا ضئيلا من الطاقة .

ويتم استقبال المؤثرات الخارجية الواردة من البيئة المحيطة بالجسم بواسطة خلايا متخصصة ، وهي تبلغ درجة عالية من التخصص في بعض الأحيان ، وتكون فيما بينها جزءا هاما من أعضاء الحس التي

نعرفها ، مثل الأنف والعين والأذن وغيرهـا . وعنـد استقبـال هذه الخلايا للمؤثرات الخارجية ، تقوم في الحال بارسال نبضات عصبية تذهب الى المركز الرئيسي للجهاز العصبي ، وهو المخ ، الذي يقوم هو الآخر في الحال بإرسال إشارات أخرى الى العضلات أو الغـدد التي تستجيب فورا لهذه الاشارات ، كل بطريقته الخاصة .

ويجدر بنا أن نلاحظ أن خلايا الحس المذكورة تتصل بالمخ مباشرة عن طريق الأعصاب ، إلا أنه لا يوجد هناك اتصال مباشر بين هذه الخلايا وبين العضلات أو الغدد المختلفة التي يفترض أن تستجيب لنبضاتها العصبية الواردة منهـا . ويعنـي هذا أن الجهـاز العصبـي الموجود بالجسم يشبه شبكة الاتصالات السلكية ، أي التليفونات ، فليس هناك اتصال مباشر بين المشتركين أو بين المتحدث والمتحدث إليه ، ولكن الاتصال بينهما يتم عادة عن طريق الجهـاز المركزي ، ويقوم المخ في هذا الجهاز العصبي بدور السنترال ، فهو الذي يتلقى المكالمة ، أو الإحساس بالمؤثر الخارجي ، وهـو الـذي يوصلهـا إلى المتحدث إليه ، وهو في هذه الحالة العضلة أو الغدة المطلوبة .

وربما كان السبب في عدم وجود اتصال مباشر بـين خلايا الحس وبين العضلات، هو أن هذا الوضع كان سيستدعي وجـود أعـداد هائلة من الألياف العصبية . وقد ينتج عن ذلك أن تتشابـك بعض هذه الأعصاب معـا وتتقاطـع في كل اتجـاه . كذلك قد يؤدي هذا الوضع إلى عدم التناسق بين مختلف الأحاسيس والمعلومات والأوامر الصادرة من مراكز الحس ، والتي قد تتعدد وتبلغ المئات في الثـانية

الواحدة . ولا شك أن مثل هذه الأوضاع تسبب ارتباكا شديدا للكائن الحي .

ولا تسري هذه القاعدة على الكائنات الراقية فقط ، مثل الحيوانات العليا ، أو الإنسان ، ولكنها تنطبق كذلك على غيرها من الأجناس ، فنحن نجد أنه حتى في حالة الأجناس البدائية من الكائنات الحية ، كان هناك دائما اتجاه لتركيز جميع النبضات العصبية في جهاز مركزي قبل إعادة إرسال تلك النبضات الى مراكز الحركة أو العضلات .

ولا شك أن هناك حكمة معينة من إرسال جميع النبضات العصبية من مراكز الحس الى الجهاز المركزي وهو المخ ، وذلك لأن المخ يقوم عادة بعملية تصنيف مستمرة لمئات من المعلومات الواردة إليه ، وهو لا يستجيب عادة لجميع المعلومات التي تصل إليه بطريقة فردية ، بل هو ينظر الى مثل هذه المعلومات بطريقة جماعية . وبعد ان يقوم المخ باختيار القرار المناسب الذي يتضمن الإجابة على جزء كبير من هذه المعلومات ، يرسل النبضات العصبية اللازمة ، أو بمعنى آخر ، يرسل الأوامر الملائمة الى العضلات أو الغدد وغيرها طبقا للاتجاه العام للمؤثرات الخارجية ، وطبقا للمعلومات الكلية الواردة إليه . ومن الطبيعي ألا يستطيع الجهاز المركزي ، أو المخ ، أن يستجيب الى المؤثر الخارجي استجابة سليمة ، إلا إذا حصل على أكبر قدر من المعلومات من أعضاء الحس الخارجية ، وكانت هذه الأعضاء سليمة تماما .

وتمثل كل من العين والأذن قمة التخصص في الحيوانات العليا ، وفي الإنسان ، فكل منهما قد أعدت إعدادا جيدا لاستقبال مؤثر معين ، فالعين تستقبل موجات الضوء ، في حين ان الأذن قد أعدت لاستقبال موجات الصوت ، وبذلك يمكن لهما أن يجمعا معا قدرا كافيا من المعلومات عن العالم الخارجي .

ولقد سبق لنا أن افترضنا في أول الأمر ، أن الأعصاب تمتد في الجسد مثل أسلاك البرق ، فهل تنتقل النبضات في الأعصاب بنفس الطريقة التي تنتقل بها الرسائل في الأسلاك ؟ وللاجابة على هذا السؤال ، دعنا نقارن بين انتقال الحرارة في قضيب من المعدن ، وبين انتقالها في لفافة من التبغ مثلا .

في الحالة الأولى تحدث الظواهر التالية : عند تسخين طرف القضيب المعدني ، بعود ثقاب مشتعل ، فإن طرف القضيب يسخن وترتفع درجة حرارته . وبما أن المعدن موصل جيد للحرارة ، فإن الحرارة سوف تنتقل تدريجيا من الطرف الساخن إلى الطرف البارد ، وأثناء ذلك ، تقل تدريجيا في المقدار ، بحيث تكون درجة الحرارة أعلى ما يمكن عند الطرف المعرض للهب ، وتكون أقل ما يمكن عند الطرف البعيد عن اللهب . ونلاحظ هنا شيئا هاما ، وهو أن درجة حرارة القضيب المعدني ، لا يمكن بأي حال من الأحوال أن تزيد في أي مكان فيه ، على مصدر الحرارة الأصلي وهو لهب الثقاب .

ويختلف الوضع كثيرا في الحالة الثانية عند إشعال لفافة التبغ ، وذلك لأن لهب عود الثقاب يعتبر الزناد الذي يطلق الطاقة الكامنة

فيها . واللفافة لا توصل الحرارة الناتجة من عود الثقاب المشتعل ، ولكنها تشتعل ذاتيا بعد ذلك ، حتى بعد أن ينطفىء عود الثقاب ، تستمر اللفافة في الاشتعال من طرفها الأول إلى طرفها الأخير بسرعة ثابتة .

ومن الملاحظ أن درجة الحرارة التي تحترق بها لفافة التبغ ، لا تعتمد على درجة حرارة عود الثقاب المشتعل ، فلو أننا بدأنا اشعال طرف لفافة التبغ بواسطة أحد المواقد المعملية ، مثل مصباح بنزن ، والذي تزيد درجة حرارته على ألف درجة مئوية ، لما تغيرت درجة الحرارة التي تحترق عندها لفافة التبغ في هذه الحالة عن درجة حرارتها عندما نشعلها بعود ثقاب . واذا رفعنا مصدر الحرارة بعد أن تشتعل لفافة التبغ ، نلاحظ أن اشتعالها الذاتي يستمر كما هو ، كما تستمر بها عملية انتقال الحرارة من طرف إلى آخر حتى تحترق الفافة تماما .

ويشبه انتقال النبضات العصبية في الأعصاب أو في الألياف العصبية ، الحالة الثانية ، أي حالة لفافة التبغ ، في حين يشبه انتقال النبضات في اسلاك البرق الحالة الأولى ، أي حالة قضيب المعدن ،

وتبدأ مسيرة النبضات في الأعصاب تحت تأثير المؤثر الخارجي أولا ، ثم تنتقل بعد ذلك وحدها نتيجة لانطلاق جهد كهربي محلي من نقطة إلى أخرى دون أن يتغير حجم النبضة أو طبيعتها أو تتغير قوتها ، مهما كانت المسافة التي تقطعها هذه النبضة داخل العصب . ولا شك أن هذه الخاصية تعتبر أكبر ضمان لوصول النبضة العصبية الى المخ بنفس القوة أو بنفس المقدار الذي أثر به المؤثر الخارجي ، وبذلك

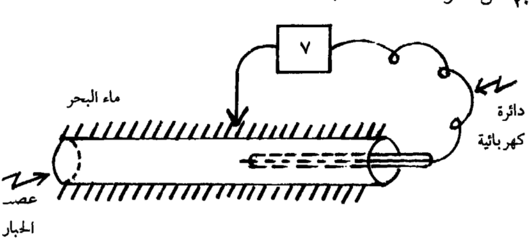
فهي تحمل معها دلالتها على طول الطريق .

وقد أجريت بعض التجارب على انتقال النبضات في الأعصاب ، واستخدم في بعض هذه التجارب بعض الأعصاب المنزوعة من أجساد الحيوانات ، وتبين منها أنه لا يوجد هناك فارق يذكر بين استجابة العصب وهو في داخل الكائن الحي ، وبين استجابته وهو منفصل عن الكائن الحي . وربما لاحظ البعض منا هذه الظاهرة ، فعند قتل أحد الحيوانات بسرعة ، بقطع رأسه مثلا ، فإن الحيوان يموت في الحال ، ولكن الأعصاب تبقى حية لفترة من الزمن ، ويشبه هذا ما يحدث عند قطع ذنب البرص المنزلي فإن هذا الذنب الصغير يستمر في الحركة ، ويتلوى وحده بعيدا عن جسم البرص لفترة قد تصل الى دقيقة كاملة او أكثر .

وقد اتضح كذلك أنه لا يوجد هناك فارق يذكر بين أعصاب الحيوان أو الإنسان ، ولكن الفارق الحقيقي يقع في المراكز العصبية في كل منهما ، فالمراكز العصبية في الإنسان تعتبر أكثر تخصصا وأكثر تعقيدا ، وهي تقوم بوظائف متعددة ومتنوعة ، ولكن السلك الموصل ، وهو العصب ، في الحالتين ، يبقى كما هو تقريبا ، ولا يختلف كثيرا في الديدان عنه في الضفادع أو في الانسان .

ويمكننا هنا أن نذكر تجربة بسيطة للدلالة على الطريقة التي تنتقل بها النبضات في الأعصاب ، فقد قام بعض العلماء بفصل عصب الحيوان البحري المعروف باسم « الحبار » «Squid » وهو عصب

ضخم ، يبلغ قطره نحو المليمتر ، وهو يزيد لعدة مئات من المرات على سمك بعض الأعصاب في جسم الانسان ، وبذلك يمكن رؤ يته بالعين المجردة ودراسته بسهولة ويسر . وقد وضع هذا العصب بعد فصله ، في ماء البحر ، وهو ماء يحتوي كما نعرف على بعض الأملاح الذائبة فيه ، وبذلك يمكن له أن يوصل التيار الكهربائي بسهولة . وعند توصيل السائل الموجود داخل العصب بماء البحر الواقع خارجه عن طريق دائرة كهربائية حساسة ، تبين أنه في الحالة العادية يكون هناك فارق في الجهد بين داخل العصب وخارجه ، يصل إلى حوالي $\frac{١}{٢٠}$ من الفولت .



وعند تحليل السائل الداخلي في هذا العصب ، تبين أنه يحتوي على أيونات البوتاسيوم بتركيز يزيد نحو ثلاثين مرة على تركيز أيونات البوتاسيوم في ماء البحر . واذا كان الأمر كذلك ، وكان تركيز أيونات البوتاسيوم داخل العصب أعلى منه خارجه ، فلماذا لاتنتشر هذه الأيونات من الداخل إلى الخارج خلال جدار العصب ، وما الذي يمنعها من أن تفعل ذلك ؟

لقد ظن البعض أول الأمر ، أن جدار العصب غير منفذ لايونات البوتاسيوم ، وفسرت هذه الظاهرة على هذا الأساس ، ولكن تبين بالتجربة ، أن إضافة أيونات البوتاسيوم إلى ماء البحر حول العصب ، يتسبب في اختراق هذه الأيونات لجدار العصب ، ودخولها فيه ، أي انها تمر من المحلول المخفف خارج العصب ، إلى المحلول المركز داخل العصب ، وهو مايخالف ظاهرة الضغط الاسموزي التي توجب انتقال الايونات أو المذيبات من المحاليل المخففة إلى المحاليل الأكثر تركيزاً .

ولاشك أن هذه التجربة تدل دلالة قاطعة على أن جدار العصب يسمح بمرور أيونات البوتاسيوم ، ولكن الشيء الغريب أنها تمر من خارجه الى داخله ، ولكنها لاتمر من داخله الى خارجه ، فلماذا لاتفعل ذلك ؟ وما الذي يمسك بهذه الايونات داخل تجويف هذا العصب ، ويمنعها من الخروج منه ؟

لقد تبين فيما بعد أن العصب يمسك بأيونات البوتاسيوم في داخله بقوة الجذب الكهربي ، فنحن نعرف أن أيونات البوتاسيوم موجبة التكهرب ، وأنها لابد أن تتعادل مع أيونات أخرى سالبة التكهرب ، حتى يصبح الجسم نفسه متعادلاً ، وهذا هو مايحدث فعلاً داخل تجويف العصب ، فإن البروتوبلازم الموجود داخل العصب يحتوي على أطراف متعددة سالبة التكهرب ، وهذه الأطراف السالبة هي التي تمسك بايونات البوتاسيوم في داخل العصب ، وهي التي تمنع هذه الأيونات من الخروج منه ، بل هي التي تقوم بجذب أيونات البوتاسيوم من خارج العصب إلى داخله . وعند إمرار تيار كهربائي

ضعيف ومفاجىء في الدائرة الكهربائية الموصلة بين داخل العصب وبين ماء البحر خارجه ، فإن هذا التيار لايسري في الدائرة إلا إذا وصلت شدته الى قيمة معينة ، وعندها فقط يسري التيار في الدائرة .

ولاشك أن هذه الظاهرة تعيد إلى أذهاننا صورة لفافة التبغ ، فإنه يلزم أن نرفع درجة حرارة اللفافة أولا إلى قيمة معينة تعرف باسم حرارة الاشتعال ، وعندها فقط تبدأ اللفافة في الاشتعال أو الاحتراق ، أي أن اللفافة لاتحترق أبداً إذا كان مصدر الحرارة غير ساخن بما فيه الكفاية ، كذلك العصب ، لايمر فيه التيار الكهربائي أبداً إلا إذا وصلت شدته الى قيمة معينة .

وماذا يحدث إذا رفعنا من شدة الصدمة الكهربائية الواقعة على العصب ؟ هل ستتغير استجابة العصب أم ستبقى ثابتة كما هي ؟ لقد اتضح أن استجابة العصب تبقى دائما ثابتة مهما تغيرت شدة التيار الكهربائي . ويعني هذا أن استجابة العصب للمؤثر الخارجي تكون ثابتة على الدوام ، وأن النبضة العصبية الناتجة لاتزيد ولاتنقص في المقدار ، وهذه الخاصية تشبه خاصية لفافة التبغ شبهاً كبيراً ، فمهما استخدمنا من مصادر حرارية ، فإن حرارة اشتعال لفافة التبغ تبقى ثابتة على الدوام .

ويستجيب العصب للمؤثرات الخارجية بسرعة هائلة ، وقد تحدث هذه الاستجابة في زمن قصير جداً لايستغرق إلا جزءاً من ألف جزء من الثانية الواحدة .

كذلك تنتقل النبضات العصبية بسرعات هائلة ، فقد تقطع

النبضة نحو عشرين متراً في الثانية الواحدة داخل العصب ، وهـي سرعة محسوسة تصل إلى حوالي ٧٢ كيلو متراً في الساعة ، وتعني هذه السرعة أن الإحساس قد ينتقل من اليد مثلاً الى المخ ، وهي مسافة تزيد قليلاً عن المتر في حوالي $\frac{١}{٢٠}$ من الثانية ، مما يدل على مقدار استعداد الجهاز العصبي للتفاعل السريع مع البيئة المحيطة بالكائن الحي .

وتتأثر سرعة استجابة العصب للمؤثرات الخارجية بدرجة الحرارة إلى حد كبير ، كذلك تتأثر سرعة انتقال النبضـات بنفس المقـدار ، وذلك لأن حساسية الأعصاب تقل بالبرودة بوجه عام ، واكبر دليل على ذلك ما نلحظه جميعاً أيام الشتاء القارس ، عندما تتعرض أيدينا للبرد الشديد فيقل الإحساس بها .

ويستطيع العصب الواحد ، تحت الظروف العـادية ، أن ينقـل عدداً هائلاً من النبضات فقد تتتابع النبضات العصبية فيه بسرعة قد تصل إلى نحو ألف نبضة في الثانية الواحدة ، وإن كانت سرعة انتقال النبضات عادة أقل من ذلك بكثير . ولايكل العصب أو يتعب تحت هذه الظروف ، وكلنا لابـد قد سمعنـا عما يسمـى عادة بالارهـاق العصبي ، وهي حالة تعالج عادة بالراحة أو بالنوم أو بالابتعاد عن العمل ، أوبتغيير نوعه . وقد كان من المعتقد أن هذا الإرهاق عبارة عن حالة من الكلال تصيب الأعصاب نتيجة للانتقال السريع والمركز للنبضات العصبية بها ، ولكن تبين فيما بعد أن ذلك غير صحيح على الإطلاق ، فقد ثبت عملياً أن الأعصاب تستطيع أن تستمر في نقل النبضات العصبية بمعدل هائل قد يصل الى ١٠٠ نبضة في الثانية لعدة

ساعات دون أن تبدو عليها علامات التعب أو الارهاق . وحتى في حالات الإرهاق الشديدة التي تصيب الأفراد ، تستمر الاعصاب في نقل النبضات العصبية بالطريقة المعتادة .

ويبدو أن حالة الارهاق العصبي تتعلق أساساً بالمراكز العصبية الأخرى مثل المخ أو الحبل الشوكي وهي تتميز بخواص أخرى خلاف ماذكرنا .

وعلى الرغم من أن الأعصاب لاتصاب بالإرهاق ، فإنها تحتاج إلى إمدادها بالدم بصفة مستمرة كي تعمل بصورة جيدة . ولو أننا وضعنا ساقاً فوق أخرى لفترة طويلة ، فإن الساق العليا تصاب بحالة غريبة تفقد فيها الاحساس لفترة ما ، وهي حالة نعرفها جميعاً ونطلق عليها لفظ « التنميل » فنقول إن الساق « نملت » وكأن مئات من النمل تمشي عليها .

وقد فسرت هذه الظاهرة على أساس أن الشريان الذي يمر خلف الركبة يتم ضغطه عندما نضع ساقاً فوق أخرى ، ويقلل هذا من سريان الدم الى القدم مما يترتب عليه الشعور « بالتنميل » أو فقدان الاحساس ، إلا أن هذا مغاير للحقيقة ، فهناك مسافة كافية خلف ركبة الساق العليا ، ويمكن للمرء أن يلحظ ذلك بنفسه ، فلايوجد هناك ضغط واقع على هذا الشريان أو على المنطقة التي يمر فيها ، كذلك يمكنه أن يحس بنبض الدم في قدمه رغم فقدان الإحساس مما يدل على أن تيار الدم مازال يسري في القدم .

وقد اتضح أن الضغط في هذا الوضع ، عندما نضع ساقاً فوق

أخرى ، يقع في الحقيقة على عصب يمر في الناحية الخارجية من الساق أسفل الركبة مباشرة ، وعند وضع ساق فوق أخرى ، ينضغط هذا العصب بين عظمة الفيبيولا وبين ركبة الساق السفلى ، وهذا الضغط الواقع على العصب هو السبب في الإحساس « بالتنميل » .

وعند إصابة العصب بصدمة ما ، أو عند الضغط عليه في مكان متوسط منه ، يؤدي ذلك إلى حدوث هذا الاحساس الغريب ، ونحن نشعر بالتنميل وكأنه وارد من نهاية العصب ، وذلك لأن الإحساس الذي يصل الى الجهاز العصبي المركزي هو نفسه ، سواء كان صادراً من نهاية الأعصاب ، أو كان صادراً من مكان متوسط في العصب .

وكلنا لابد قد مررنا بتجربة اصطدام الكوع بالمائدة ، وكيف تثير فينا هذه الصدمة شعوراً غريباً يتمثل في فقدان الاحساس باليد ، خاصة الإصبع الصغرى فيها ، وكأن المخ في هذه الحالة يقول « إنني استقبل الآن نبضات تصدر عادة من الاصبع الصغرى » .

وإذا عدنا إلى تلك الحالة التي كنا نضع فيها ساقاً فوق الأخرى ، فاننا نجد أنه بمجرد رفع الساق العليا عن الساق السفلى ، يخف الضغط الواقع على العصب ، ويبدأ شعورنا بذلك الإحساس الذي يشبه وخز الإبر والذي نطلق عليه « التنميل » ، وقد يستمر هذا الشعور لعدة ثوان ، وقد يطول الى دقيقة كاملة ، ويبدأ بعد ذلك الاحساس العادي بالساق والقدم في العودة تدريجياً .

ومن الملاحظ أنه خلال الفترة التي نشعر فيها بوخز الإبر ، ينقطع

الإحساس تماماً من الجزء التالي للمكان الذي ضغط فيه العصب ، أي ينقطع الإحساس بالقدم تقريباً ، ولو أننا خدرنا القدم تماماً بحقنها بمخدر ، فإن الاحساس بالتنميل ، أو بوخز الإبر يستمر ، مما يدل على أن هذه الاشارات تصدر فعلاً من المكان الذي ضغط فيه العصب ، ويدل كذلك على أن المكان الذي يتعرض للضغط في العصب يستطيع أن يصدر نبضات عصبية خاصة به .

ولايتسبب الضغط على العصب في حدوث تشوه في تركيب العصب ، وإلا احتاج الأمر لعدة أسابيع بدلاً من دقائق لعودة الإحساس لهذا العصب . ويبدو أن السبب الحقيقي في فقد الإحساس هو انقطاع الدم عن ذلك الجزء الذي يتم ضغطه من العصب . وكما يقوم الدم بنقل الغذاء الى كل أجزاء الجسم ، فهو يقوم بنقل الغذاء والاكسجين الى الأعصاب ، كما يساعد على ازالة المواد غير المرغوب فيها .

وقد اتضح أن النقص في الاكسجين هو أهم العوامل التي تؤثر على الجهاز العصبي كله ، فانقطاع الاكسجين عن المخ مثلاً لمدة دقيقة واحدة ، قد يصيب المخ بالشلل . أما في حالة الأعصاب ، فان انقطاع الاكسجين عنها لايؤدي الى الشلل الا بعد فترة قد تصل الى خمس عشرة دقيقة .

وتتحمل الأعصاب هذا النقص الى حد ما ، ويرجع السبب في ذلك إلى أن معدل الاستهلاك للاكسجين في حالة أغلب الأعصاب ، صغير جداً ، ففي حالة عصب الضفدع مثلاً ، الذي ينقل

حوالي ٢٥٠ نبضة في الثانية ، يحتاج إلى ثلاثة أيام كي يستهلك مثل حجمه من الاكسجين ، وهو حجم صغير جداً .

وتقلل برودة الجو من الإحساس العصبي ، كما أن ارتفاع درجة الحرارة عن حدود معينة يتسبب في إحداث أضرار بالغة للجهاز العصبي خاصة للمخ .

وقد لوحظ منذ زمن بعيد أنه إذا قام أحد الكلاب بمطاردة أحد الأرانب في يوم حار ، فإن هذه المطاردة تستمر فترة طويلة تنتهي بسقوط الأرنب فاقداً للحياة . وقد فسر تحمل الكلب لهذه المطاردة وعدم تحمل الأرنب لها ، أن الكلب يستطيع قلبه أن يحتمل المجهود البالغ الذي يبذل في هذه المطاردة في حين أن قلب الأرنب لايستطيع أن يحتمل كل هذا الإرهاق ، فينفجر قلبه ويموت في الحال .

وقد تبين فيما بعد أن قلب الكلب أو قلب الأرنب ، لاعلاقة لهما بكل ذلك ، ولكن الأمر يتعلق بدرجة حرارة المخ في كل منهما ، فعند انطلاق الكلب وراء الأرنب ، يتسبب ذلك في رفع درجة حرارة جسم كل منهما ، ولكن الكلب يملك نظاماً خاصاً للتبريد ، يساعد على خفض درجة حرارة المخ ، أو على الأقل يحتفظ بها ثابتة ، في حين أن الأرنب الذي لايملك مثل هذا النظام ، ان لم يجد مكاناً يختبىء فيه ، فسوف ترتفع درجة حرارة مخه إلى حد كبير تتسبب في اتلاف خلاياه وموت الأرنب في الحال .

ويتركب هذا النظام الدقيق للتبريد من مبادل حراري يشبه تلك المبادلات التي تستخدم في الصناعة ، فالدم في الثدييات يخرج من

القلب متجها الى المخ ، ولكنه قبل أن يدخل الى المخ ، يمر هذا الدم الشرياني في عدد كبير من الفروع أو الشرايين الصغيرة التي توجد داخل انتفاخ يمتلىء بالدم الوريدي الآتي من المخ أو الوارد من الأوردة التي تنتشر في الأنف . وعلى هذا الأساس ، فإن الدم الشرياني المندفع من القلب يدخل إلى المخ ، بعد أن يكون قد فقد جزءاً من حرارته خلال هذه الفروع الدقيقة الى الدم الوريدي الاكثر برودة . ويختلف حجم شبكة التبريد السابقة من حيوان لآخر ، فهذه الشبكة قد تكون على درجة عالية من الكفاءة في حالة السباع والنمور والقطط ، وقد تكون أقل كفاءة من ذلك في حالة بعض الحيوانات الأخرى مثل الكلاب والذئاب وما اليها .

وهكذا نجد أنه في المطاردة السابقة بين الكلب والأرنب ، تقوم هذه الشبكة بتبريد الدم الشرياني الذاهب إلى مخ الكلب ، في حين أن الأرنب الذي لايمتلك هذا النظام يندفع الدم الشرياني الساخن الى مخه طوال الوقت مما يتسبب في إتلاف خلايا هذا المخ ووفاة الأرنب في نهاية الأمر .

والمخ شديد الحساسية للحرارة ، فارتفاع درجة حرارته أربع أو خمس درجات عن المعتاد يؤدي إلى الإخلال بوظائفه ، وكلنا نعرف أن الحمى الشديدة عند الأطفال تسبب حدوث بعض الانقباضات والتشنجات العضلية ، وهي ظواهر تعبر عن ذلك الخلل الذي يطرأ على المخ فوق الساخن ، ولهذا السبب نلجأ إلى وضع كمادات من الماء البارد أو الثلج على رأس المريض لتقليل الحرارة بقدر الإمكان .

وعندما يكون الهواء الجوي ساخناً وتزيد حرارته على حرارة الجسم ، فإن هذا يؤدي إلى ارتفاع حرارة الجسم وبالتالي ارتفاع حرارة المخ . ولولا وجود هذه الشبكة في الرأس وعملية إفراز العرق أو عملية اللهاث في بعض الحيوانات ، التي تساعد على خفض درجة حرارة الجسم وبالتالي خفض درجة حرارة المخ ، لما تمكن المخ من القيام بوظائفه على الوجه الأكمل .

وقد بينت التجارب التي أجريت على بعض أنواع الغزلان الافريقية ، التي تمتلك شبكة للتبريد مثل تلك التي تحدثنا عنها ، أن درجة حرارة المخ في هذه الغزلان في حالتها العادية ، تكون أقل من درجة حرارة جسدها بدرجة واحدة تقريبا ، وعندما تبدأ هذه الغزلان في الجري وبذل المجهود ، نجد أن درجة حرارة مخها تصبح أقل من درجة حرارة جسدها بثلاث درجات . وقد بينت هذه التجارب وغيرها ، أن شبكة التبريد السابقة ، لاتقوم بعملها بكفاءة إلا عند بذل المجهود العنيف .

والآن ما هو المخ ؟ وهل يستطيع المخ أن يفهم تركيب المخ ؟ وبمعنى آخر ، هل يستطيع المخ أن يفهم نفسه ؟ ان هذا يشبه إلى حد كبير من يحاول أن يرفع نفسه في الهواء عن طريق رباط حذائه !

وهل المخ آلة حاسبة هائلة الحجم عالية القدرات ؟ أم هو في الحقيقة شيء آخر أكبر من هذا وأعمق ؟

إن المخ مثل غيره من أعضاء الكائنات الحية الأخرى ، يتكون من عديد من الخلايا ، وهذه الخلايا تشبه الخلايا المعتادة في صفاتها

العامة ، وإن كانت على درجة عالية من التخصص . والمخ هو مكان الفكر والذاكرة ، ومركز الإحساس والتعلم وذلك الشعور الغريب الذي نسميه المستقبل .

ويمكن دراسة المخ مثله في ذلك مثل غيره من الأنسجة ، ويمكن التعرف على إشاراته الكهربائية ، ومعرفة الكيميائيات التي تتعامل بها هذه الخلايا التي يتكون منها ، كما يمكن الاستدلال على بعض الطرق التي تعمل بها هذه الخلايا ، وعلى الرغم من ذلك يبقى المخ وحده فريداً في نوعه ، ولايوجد شيء مثله في هذا الكون .

وتنشأ المشكلة الحقيقية عندما نتكلم عن العقل أو الفهم ، ولايمكننا تعريف العقل بسهولة ، فهي كلمة يصعب فهمها على حقيقتها ، أو وضع مدلول لها ، ولكنها بالقطع تمثل إحدى الوظائف التي يقوم بها المخ بكفاءة عالية ، وربما كانت في الحقيقة نتاجاً لعدة وظائف يقوم بها المخ .

ويصعب علينا أن نتصور تركيب المخ على حقيقته ، فهو على الرغم من صغر حجمه وخفة وزنه الذي لايزيد على الكيلوجرام إلا قليلاً في الانسان ، يقوم بمئات من المهام ويحكم رقابته على كل شيء ، ويصبح هو الآمر الناهي في جسد الكائن الحي . ويتكون المخ من عدد هائل من الخلايا يزيد على مائة ألف مليون خلية ، وهو عدد يشبه عدد النجوم التي تتكون منها مجرتنا الهائلة .

وتتكون الخلايا العصبية من جسم يبلغ قطره نحو ٠,١ من المليمتر تقريباً ، ويتفرع من هذا الجسم فرع رئيسي يسمى أكسون

وغدد آخر من الفروع الثانوية تسمى دندرتيات « Dendrites ». وتتبادل الخلايا العصبية الاشارات فيما بينها ، وتنطلق هذه الاشارات بطريقة مزدوجة ، فهي إشارات كهربائية في إحدى مراحلها ، تتحول الى إشارات كيميائية في مرحلة أخرى ، فالاشارة التي تنشأ في الخلية العصبية وتنطلق في الأكسون هي إشارة كهربائية ، وعندما تصل هذه الاشارة إلى نهاية الاكسون تتحول الى إشارة كيميائية ، فهي تنتقل من خلية الى أخرى عن طريق بعض الجزيئات الكيميائية التي تسبح خلال نقط الاتصال الواقعة بين الخلايا والتي تعرف باسم « Synapse ».

وعلى الرغم من أن الخلية العصبية تشبه غيرها من خلايا الجسم من ناحية التركيب العام ، ومن ناحية احتوائها على العوامل الوراثية نفسها ، إلا أنها كما رأينا تتشكل بشكل خاص يسمح لها بنقل المعلومات من خلية الى أخرى .

ويعتمد عمل المخ على عملية نقل المعلومات بين خلية وأخرى . وكل خلية عصبية مؤهلة لذلك كل التأهيل . فكل خلية منها قد تملك مابين ١٠٠٠ الى حوالي ١٠٠٠٠ نقطة اتصال تسمح لها بنقل مالديها من معلومات إلى غيرها من الخلايا ، كما أنها تستطيع أن تتلقى معلومات من حوالي ١٠٠٠ خلية عصبية أخرى .

ويعتقد كثير من العلماء أن قدرة الفرد على الإحساس وعلى التفكير والتذكر والتعلم ، تعتمد اعتماداً كبيراً على عدد نقط الاتصال التي تقع بين خلايا المخ وعلى طبيعتها ، وربما كان من أهم الوظائف التي

يحققها الاتصال بين خلايا المخ العصبية ، هي القدرة على تغيير السلوك كرد فعل لحصيلة المؤثرات الخارجية أو الخبرة ، وهي ما نسميه بالقدرة على التعلم ، وكذلك القدرة على اختزان هذه التغيرات لفترة من الزمان ، وهي ما نسميه بالذاكرة . ولاشك أن القدرة على التعلم والذاكرة ، هي أهم مايميز مخ الانسان من غيره من الكائنات الأخرى .

ويعتبر المخ من أكثر أجزاء الجسم استهلاكاً للطاقة ، ويبدو ذلك واضحاً من تزويده بكميات كبيرة من الدم ، ومن استهلاكه لكميات كبيرة من الاكسجين . وبرغم أن المخ لايمثل إلا حوالي ٢٪ من وزن الجسم كله ، إلا أن استهلاكه للاكسجين يزيد على حوالي ٢٠٪ من استهلاك الجسم الكلي للاكسجين في حالة السكون ، ويبلغ مقداره نحو ٥٠ ملليلتر في الدقيقة الواحدة . ويتضح من ذلك الاستهلاك الكبير للاكسجين مدى تعقيد وظائف المخ وعمله الدائم ، ويبدو أن استهلاك المخ الكبير للطاقة يتم للحفاظ على التوازن الأيوني خلال أغشية الخلايا ، وهي تلك العمليات التي تنتقل عن طريقها المؤثرات المختلفة بين ملايين الخلايا العصبية .

ولايتغير معدل استهلاك الطاقة بالنسبة للمخ خلال الليل والنهار ، فهو لايقل ليلاً ، ولايزيد نهاراً ، ولكن هذا المعدل يبقى ثابتاً إلى حد كبير ، بل قد يزيد قليلاً في أثناء فترات الأحلام بالليل ، ولكن المكافىء الكهربائي لهذه الطاقة المستخدمة بواسطة المخ لايزيد عادة على نحو ٢٠ وات .

وقد تستطيع خلايا الجسم في أجزائه المختلفة استعمال أنواع مختلفة من الوقود ، فهي قد تحرق السكريات أو الدهون أو الاحماض الامينية ، كي تحصل على الطاقة اللازمة لها ، ولكن الخلايا العصبية لاتستطيع ذلك ، فهي لاتستعمل إلا الجلوكوز الموجود في الدم . كذلك قد تستطيع بعض خلايا الجسم الأخرى أن تعمل ولو فترة قصيرة ، في غياب الاكسجين مثل خلايا العضلات ، ولكن خلايا المخ شديدة الاحتياج الى الاكسجين ، ولايمكنها الاستغناء عنه أبداً ، فإذا انقطع تيار الدم الحامل للاكسجين عن المخ ، فإن هذا يتسبب في فقدان الشعور خلال عشر ثوان ، وقد يتسبب ذلك في إصابة المخ ببعض الأضرار ، ويحدث الشيء نفسه إذا قل مستوى الجلوكوز في الدم الوارد الى المخ ، فيدخل الشخص في غيبوبة مثلما يحدث عندما يحقن المصاب بالسكر نفسه بجرعة زائدة من الأنسولين .

والخلايا العصبية فائقة الحساسية ، فقد يحدث بعض الخلل في وظائفها إذا دخلت بعض المواد الغريبة السامة إليها مع تيار الدم ، أو إذا وصلت اليها بعض الجزيئات الصغيرة مثل جزيئات بعض الأحماض الامينية ، ولعل هذه الحساسية الفائقة هي السبب في أن المخ معزول عن الدورة الدموية العامة بذلك النظام ذي الترشيح الاختياري ، والذي يعرف باسم « حاجز الدم - المخ » .

وتعود كفاءة هذا الحاجز إلى عدم النفاذية النسبية للأوعية الدموية في المخ وإلى أن هذه الأوعية تحاط بجدار آخر من خلايا نسيج المخ ،

وهي خلاف الخلايا العصبية وتسمى خلايا جلايل Glial cells وهـي خلايا النسيج التي تحمل فيما بينها الملايين من الخلايا العصبية .

ونظراً لوجود هذا الجدار الآخر من الخلايا المذكورة حول الأوعية الدمـوية ، فإن كثيراً من المواد والجزيئـات لاتستـطيع عبــور هذا الحاجز ، ولاتستـطيع ، بذلك ، النفـاذ خلال جدر هذه الأوعية ، ولايمنع ذلك طبعاً مرور بعض الجزيئات الصغيرة ، مثل جزيئـات الاكسجين ، ولكن وجود هذا الحاجز يجعل من الضروري أن يأخذ المخ ما يحتاجه من الجزيئات الكبيرة مثل جزيئات الجلوكوز عن طريق تيار الدم فقط .

ويشبه هذا النظام تلك الأسوار التي كثيراً ما نقيمها حول ممتلكاتنا لمنع دخول غير المرغوب فيهم ، والسماح لقلة آخرين بالدخول عن طريق البوابات فقط . ويعتبر نظام « حاجز الـدم ـ المخ » ذا أهمية خاصة عندما نفكر في صنع الأدوية التي يتطلب أن تؤثر على المخ ، فإن جزيئات هذه الأدوية لابد أن تكون صغيرة الحجم حتى تستطيع اجتياز هذا الحاجز والنفاذ خلال جدر الأوعية ، أو أن تكون سهلة الذوبـان في الأغشية الـدهنية لجـدر خلايا نسيج المخ أو خلايا الجلايل .

وهناك أجزاء قليلة من المخ غير محمية بهذا الحاجـز الـذي نحـن بصدده ، وهذه الأجـزاء تستـطيع أن تستقبـل أصنافـاً متعـددة من الجزيئـات ومــن المعتقــد أن هذه الأجــزاء مخصصــة لاستقبــال

الهرمونات ، أو أن وظيفتها مراقبة التركيب الكيميائي للدم .

ولايمكن استبدال الخلايا العصبية للمخ ، فهذه الخلايا يجب أن تبقى مدى حياة الكائن ، ولهذا فلابد ان تكون هناك ميكانيكية خاصة لتجديد مكونات هذه الخلايا ، ويقتضي هذا أن تقوم هذه الخلايا بتصنيع عشرات من الجزيئات الكبيرة ومئات من الانزيمات في نواها .

وتعتبر الوظائف الكيميائية للمخ على درجة عالية من التعقيد ، فجميع المواد الناقلة «Transmitters» وهي المواد التي تؤدي الى انتقال النبضات أو الإشارات من خلية الى أخرى عن طريق نقط الاتصال ، لاتفرز إلا بكميات ضئيلة جداً ، وذلك بالإضافة إلى التعقيد البالغ لأنسجة المخ ، حتى أنه يصعب فصل هذه المواد الناقلة أو التعرف عليها .

وقد تمكن بعض الباحثين من تفكيك الخلايا العصبية بطريقة خاصة ، وتمكنوا بذلك من الحصول على بعض نهايات الأعصاب في حالة سليمة ، وقاموا بتحليل مكونات هذه النهايات ، وقد تبين لهم من هذه التجارب أن أغلب المواد الناقلة للاشارات العصبية تتركز في نهايات الأعصاب ، وهي عبارة عن جزيئات صغيرة الحجم تحتوي على النتروجين .

وتنقسم هذه الناقلات من حيث فعلها الى قسمين ، فهناك مجموعة منها ذات أثر منشط ، وهناك مجموعة أخرى منها ذات أثر

مثبط ، وإن كان هذا التقسيم لايتصف بالوضوح أحياناً ، وذلك لأن بعض هذه الناقلات قد يكون له أثر منشط في جزء من المخ ، بينما يكون له أثر مثبط في مكان آخر منه . وأهم الناقلات ذات الأثر المثبط في المخ هو حمض « جاما امينو بيوتيريك » « γ-Aminobutyric Acid » ويطلق عليه اختصاراً اسم « جابا » GABA

$$H_2N.CH_2.CH_2.CH_2.COOH$$

حمض جاما امينوبيوتيريك

« جابا »

ويتركب هذا الحمض من سلسلة من ثلاث ذرات من الكربون تتصل بأحد اطرافها مجموعة أمين ، وتتصل بالطرف الآخر مجموعة كربوكسيل ، وبذلك فهو ينتمي الى مجموعة الأحماض الامينية التي سبق أن ذكرناها ، والتي تتكون منها جميع بروتينات الجسم .

ولايدخل هذا الحمض الاميني « جابا » في تركيب بروتينات الجسم ، وهي ملاحظة فريدة في نوعها ، وكأن هذا الحمض يصنع في الجسم لاستخدامه في المخ فقط ، ولعل هذا نوع من الاستقلال في العمل بالنسبة للمخ ، وهو فعلاً لايصنع في أي مكان في الجسم ، ولكن يجري تصنيعه في المخ أو في الحبل الشوكي فقط . ومن المقدر أن ٣٠٪ على الأقل من نقاط الاتصال بين خلايا المخ تستعمل هذا الحمض في عمليات نقل الاشارات العصبية .

وهناك حمض أميني آخر قريب الشبه من « جابا » يقوم المخ باستخدامه في نقل الاشارات العصبية ، وهو يعرف باسم حمض الجلوتاميك ، ولكنه في هذه الحالة ذو أثر منشط في المخ ، ويعد هذا مثالاً للتعبير عن كيفية ان تغييراً بسيطاً في التركيب الكيميائي يؤدي إلى تغير واسع المدى في عمل وأثر المادة .

$$H_2N.CH.CH_2.CH_2.COOH$$

$$COOH$$

حمض جلوتاميك

ومن المعتقد ان بعض المهدئات مثل « ديازيبام » المعروف باسم « الفاليوم » ليس له أثر مباشر في المخ ، ولكنه يساعد على زيادة فعالية « جابا » في تثبيط النبضات العصبية في الأماكن التي له فعل فيها .

وتتلخص العمليات الكيميائية التي تحدث عند نقط اتصال الأعصاب ، في عدة خطوات تحدث بالترتيب التالي :

أولا : يتم تخليق المادة الناقلة في الخلية الحية من أقرب المواد شبهاً بها ، ويتم ذلك عادة بواسطة انزيمات خاصة ، كما قد يحدث هذا التخليق على خطوة واحدة أو على خطوات .

ثانيا : يتم نقل جزيئات المادة الناقلة من جسم الخلية الى نهايات الأعصاب حيث تختزن هناك داخل حويصلات خاصة عند نقط الاتصال بين الخلايا ، وتقوم هذه الحويصلات بحماية

جزيئات المادة الناقلة من فعل الانزيمات المختلفة التي تسبح في سوائل الخلية والتي قد تدمر هذه الجزيئات . وتحتوي كل حويصلة من هذه الحويصلات على نحو ١٠٠٠٠٠ من هذه الجزيئات .

ثالثا : عند وصول نبضة عصبية (على هيئة إشارة كهربائية) إلى نهايات الأعصاب ، تقوم هذه بإطلاق عدد هائل من أيونات الكلسيوم ، وتؤدي هذه بدورها الى إطلاق جزيئات المادة الناقلة في الفراغ الواقع بين نقط اتصال الخلايا ، وتندفع هذه الجزيئات سابحة في هذا الفراغ الخلوي المملوء بالسوائل والذي يقع بين طرف العصب وبين غشاء الخلية العصبية التي ستتلقى النبضة أو الاشارة .

رابعا : تتفاعل جزيئات المادة الناقلة مع بعض مواقع الاستقبال الموجودة بغشاء الخلية المستقبلة للنبضة وبذلك تصل الرسالة من خلية إلى أخرى .

وينبغي هنا أن نتكلم قليلاً عن مواقع الاستقبال الموجودة بجدار الخلية المستقبلية للنبضة ، فهذه المواقع عبارة عن جزيئات كبيرة من البروتين مدفونة في غشاء الخلايا ، والتي سبق لنا أن تكلمنا عنها عندما تناولنا جدار الخلية الحية ، وتشبه هذه الجزيئات البروتينية الضخمة جبال الثلج العائمة فوق سطح الماء بل قد تظهر منها بعض الأجزاء خارج جدار الخلية ، وتبرز كذلك أجزاء أخرى منها داخل الخلية .

وهناك منطقة خاصة في هذا الجزيء الضخم يمكن أن يتداخل فيها جزيء المادة الناقلة ، وتشبه هذه المنطقة ، ذلك الموقع النشيط الذي تحدثنا عنه في حالة الأنزيمات . ولايمكن لهذا الموقع النشيط أن يستوعب إلا تلك الجزيئات التي يتناسب شكلها الفراغي مع شكله وحجمه وبذلك تستطيع أن تتداخل فيه ، كذلك يتصرف الموقع النشيط في الحالة التي نحن بصددها ، فلكل نوع من المواد الناقلة موقع خاص تستطيع أن تتداخل فيه جزيئاتها كما يتداخل المفتاح في القفل الخاص به .

ويؤدى تداخل جزيء المادة الناقلة في جزيء البروتين إلى تغير في الشكل الفراغي العام لجزيء البروتين المستقبل ، ويؤدى ذلك إلى صدور نبضة أخرى قد تنشط الخلية العصبية أو تثبيطها ، أو قد تؤدى إلى انقباض عضلة أو إلى أن تقوم غدة بإفراز أحد الهرمونات أو ما شابه ذلك .

وفي كل حالة من الحالات يقوم جزيء البروتين المستقبل بترجمة الرسالة الكامنة في التركيب الكيميائي للمادة الناقلة إلى رد فعل فسيولوجي محدد . وقد لا يستغرق رد الفعل المذكور جزءا من الثانية كما يحدث عند انقباض العضلات ، وقد يستغرق رد الفعل عدة دقائق في حالات أخرى ، وأحيانا يستغرق عدة ساعات كما في حالة تصنيع الهرمونات .

ومن المعتقد أن تغير الشكل الفراغي العام لجزيئات البروتين المستقبلة يتسبب في فتح بعض الثغور أو المسام في جدار الخلية مما

يساعد على مرور بعض الايونات من داخل الخلية إلى خارجها أو بالعكس ، وذلك نتيجة لتغير الجهد الكهربائي في هذا الموقع بعد تداخل المادة الناقلة . ويعتمد الأثر المثبط أو المنشط للمادة الناقلة على نوع الأيونات التي تتحرك وعلى اتجاه هذه الحركة .

ويمكننا أن نضرب مثالا لذلك بتلك المادة الناقلة المسماة أسيتايل كولين ، فهذه المادة لها أثر منشط عند نقطة الاتصال بين العصب وبين العضلات ، وذلك لأن هذه المادة الناقلة تؤدى إلى حركة أيونات الصوديوم موجبة التكهرب من خارج الخلية الحية إلى داخلها ، وبذلك يتعادل جزء كبير من الشحنات السالبة بها ، أو بمعنى آخر يتعادل الجهد السالب الذي تحمله الخلية بداخلها .

ومن ناحية أخرى ، تقوم تلك المادة الناقلة المسماة « جابا » السالفة الذكر بتنشيط البروتين المستقبل الموجود بجدار الخلية بطريقة تسمح بمرور أيونات الكلور السالبة التكهرب ، وهي تندفع في هذه الحالة من خارج الخلية إلى داخلها كذلك ، وبذلك تساعد على زيادة فرق الجهد الكهربي خلال جدار الخلية ، وبذلك تحيلها إلى خلية غير نشيطة بصفة مؤقتة ، ولهذا يقال عن « جابا » إنها مادة ناقلة ذات أثر مثبط للنبضات العصبية .

$$CH_3.\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}.O.CH_2.CH_2.\overset{\oplus}{N}(CH_3)_3$$

أسيتايل كولين

وليست الأمور بهذه البساطة دائما ، فإن هناك نظرية أخرى تقول إن المواد الناقلة التي نحن بصددها تساعد على زيادة تركيز مراسل آخر موجود في الخلية المستقبلة للنبضة العصبية ، وقد تفعل المادة الناقلة طبعا عكس ذلك ، فتساعد على الإقلال من تركيز هذا المراسل الآخر ، ويؤدي حدوث هذه الظاهرة أو تلك إلى حدوث الأثر المنشط أو الأثر المثبط للمادة الناقلة .

ومن الملاحظ أن جميع المواه الناقلة تحتوي على عنصر النتروجين في تركيبها وغالبا ما تحتوي جزيئاتها على مجموعة الأمين NH2 - أو مشتقاتها ، ولذلك فإننا نجد أن هناك عددا كبيرا من هذه المواد الناقلة ، ومنها مثلا جزيئات بروتينية صغيرة تنتهي سلاسلها هي الأخرى بمجموعة الامين NH2 - ، وهي تسمى عادة الببتيدات العصبية ، وتتركب جزيئاتها من عدد قليل من وحدات الأحماض الامينية يتراوح بين ٥ ـ ٣٩ وحدة من هذه الأحماض .

وتوجد هذه الببتيدات العصبية عادة في نهايات الأعصاب ، ويبدو أنها تنظم العمليات الأكثر تعقيدا مثل الشعور بالعطش والذاكرة والتصرفات الجنسية ، وغيرها ، وهي تلعب أدوارا متعددة في أماكن مختلفة من الجسم ، فنجد أن بعضا منها يمنع إطلاق هرمون النمو من الغدة الصنوبرية ، ومنها ما ينظم إفراز الأنسولين من البنكرياس وهكذا .

وعند تداخل جزيء المادة الناقلة مع المستقبل فإنه يجب إزالة نشاطه في الحال ، وإلا استمر أثره مدة طويلة مما يفسد نظام تبادل

الإشارات بين الخلايا . ويمكن ازالة نشاط بعض هذه المواد الناقلة بواسطة انزيمات خاصة توجد في الفراغ الواقع بين نقط اتصال الخلايا بعضها ببعض ، ومن أمثلة ذلك أسيتايل كولين ، فهناك انزيم خاص يسمى « اسيتايل كولين استراز » يستطيع أن يدمره في الحال ، وهو يستطيع أن يدمر ٢٥٠٠٠ منه جزيء في الثانية الواحدة .

ولا تنطبق هذه الحالة على جميع المواد الناقلة ، فإن بعضا منها بعد أن ينطلق من نهاية الأعصاب ليحدث الأثر المطلوب ، فانه يعاد امتصاصه إلى الداخل مرة أخرى . وهناك إما أن يدمر بواسطة انزيمات خاصة وإما أن يعاد استخدامه مرات ومرات . ومن أمثلة الحالة الأخيرة تلك المواد الناقلة مثل جابا ، والدوبامين والسيروتونين . وتحقق هذه الحالة الأخيرة وفرا هائلا في المواد الناقلة حيث يمكن إعادة استخدامها مرات ومرات .

CH2. CH2. NH2 HO OH HO CH2. CH2. NH2 N H

Dopamine دوبامين Serotonin سيروتونين

وقد ألقت البحوث التي أجريت في هذا المجال كثيرا من الضوء على الطريقة التي تعمل بها بعض العقاقير ، فهي إما أن تساعد على إفراز المادة الناقلة أو تعوق إفرازها ، ومن أمثلة ذلك الأمفيتامين ، فهو يساعد على إطلاق المادة الناقلة المسماة الدوبامين من نهاية الأعصاب وهي مادة ناقلة تؤثر على مراكز الإحساس بالسعادة في

المخ . وعند استخدام كميات كبيرة من الامفيتامين يؤدي ذلك إلى بلبلة الأفكار والهلوسة وغيرها من الأحاسيس المماثلة .

وهناك كثير من العقاقير التي تشبه المواد الناقلة في التركيب ، وهي لهذا تستطيع أن تؤثر على الميكانيكية التي تعمل بها الناقلات أحادية الأمين . ومن أمثلة ذلك عقار الهلوسة المسمى « المسكالين » ، وهو عبارة عن قلواني يوجد في كثير من النباتات وهو يشبه المادة الناقلة « الدوبامين » كما يشبه المادة الناقلة « نورابينفرين » في التركيب .

CH2. CH2. NH2 — CH3O — CH3O — OCH3

Mescaline مسكالين

CH (OH). CH2 NH2 — HO — OH

Norepinephrine نورا ابينفرين

كذلك فإن عقار الهلوسة المعروف باسم حمض « ليسرجيك ثنائي اثيل أميد » ، أو « LSD » ، وهي الحروف الأولى من اسمه «Lysergic Acid Diethylamide » فهو يشبه المادة الناقلة السيروتونين الى حد ما .

C2H5 — C2H5 — N.OC — N.CH3 — N H

LSD

ويعتبر عقار الهلوسة « LSD » فريدا في نوعه ، فهو ذو تأثير غير عادي على الإنسان ، حيث إن تعاطي كمية ضئيلة للغاية منه ، لا تزيد عن ٧٥ ميكروجرام تكفي لإحداث الهلوسة .

وقد تقوم بعض هذه العقاقير بالتداخل في مواقع الاستقبال العصبية بدلا من المواد الناقلة فتحدث بذلك آثارها غير المرغوب فيها ، كما أن بعضا منها قد يعمل عن طريق غير مباشر وذلك باستثارة مراسل ثان داخل الخلية . ويبدو أن مجموعة المواد المنبهة مثل الكافيين والمواد المشابهة له ، تعمل بهذا الأسلوب الأخير ، فهذه المواد التي توجد في القهوة أو في الشاي ، تمنع تكون انزيم خاص يتخصص في تدمير المراسل الثاني وهو في هذه الحالة أدينوسين الأحادي الفوسفات ، وعلى هذا فإن تعاطي مثل هذه المواد باعتدال يساعد على زيادة تركيز المراسل الثاني وهو أدينوسين الأحادي الفوسفات ، وبذلك يمكن اعتبارها مواد منشطة معتدلة التأثير .

وعلى الرغم من هذه المعلومات الهائلة التي توصل إليها العلماء المتخصصون في هذا المجال، والتي لم نذكر منها إلا أقل القليل ، فما زالت الطريقة التي يعمل بها المخ ويسيطر بها على جسد الكائن الحي تمثل واحدا من أصعب التحديات أمام العلم الحديث .

ويعتقد بعض العلماء أن ما نسميه بالذكاء ، أو القدرة على التفكير والاختبار ، من أهم الظواهر التي تميز بين الانسان وغيره من المخلوقات . ولا يعرف أحد على وجه التحديد مركز هذه الظاهرة أو مكانها في المخ . ويبدو أنها حصيلة نشاط خلايا المخ ومراكزه

مجتمعة ، وبذلك تكون حصيلة ذلك النشاط الذي تبديه بعض الجزيئات العضوية الكبيرة التي يتركب منها المخ وتسبح في خلاياه .

ويرى البعض أن خاصية الذكاء ، وهي إحدى مميزات الحياة في أرقى صورها ، لن تعتمد في المستقبل على عناصر عضوية من الجزيئات الكبيرة ، ولكنها ستعتمد بعد ذلك على عناصر آلية من نوع خاص ، ويعني ذلك أن خاصية الذكاء لن ترتبط بالمخ البشري فقط كما هو الآن ، ولكنها ستكون مستقبلا خاصية عامة يمكن لبعض الآلات ، مثل الحاسبات الالكترونية وغيرها ، أن تمتلكها !

ويرى أصحاب هذا الرأي أن تخزين المعلومات بدأ في أول الأمر في جزيئات عضوية كبيرة عملاقة ، هي جزيئات الحمض النووي DNA ، الذي يحمل ما يزيد على ألف مليون معلومة ، ثم بدأ بعد ذلك تخزين المعلومات الزائدة في عناصر عضوية أخرى وهي العناصر التي يتكون منها المخ ، والتي تتسع لتخزين ما يزيد على الف مليون معلومة أخرى أو أكثر .

وبزيادة المعلومات التي عرفها الإنسان ، لم يستطع المخ الاحتفاظ بهذا الكم الهائل من المعرفة ، فاستخدام عناصر أخرى مثل الورق والكتب لاستيعاب آلاف الملايين من المعلومات الأخرى التي حصل عليها الانسان ، وصف هذه الكتب في مكتبات هائلة في كل مكان .
ويبدو أننا قد دخلنا في عصر جديد زادت فيه المعلومات والمعرفة إلى حد يفوق طاقة البشر ، ولا يتسع له كل ما صنعه الانسان من كتب ومكتبات ، ولهذا لجأ الانسان إلى عناصر آلية لتخزين هذه المعلومات واستعادتها عند الحاجة إليها فكان ابتكار الحاسبات الالكترونية التي

نستخدمها في كل مجال اليوم .

وقد قام الانسان بصنع الحاسبات الالكترونية على نمط مشابه كل الشبه للنمط الذي يعمل به المخ البشري ، وتمكن من أن يعطي هذه الحاسبات القدرة على القيام ببعض الوظائف التي يقوم بها المخ ، ولهذا فهو يتصور أن مثل هذه الحاسبات ستستطيع في يوم من الأيام أن تقوم بكل وظائف المخ بما فيها الذكاء .

وهناك من يتصور أن مثل هذه الحاسبات الالكترونية المتقدمة ستصبح يوما ما أكثر تفوقا من العقل البشري ، وأنها قد تمتلك القدرة على تعليم نفسها بنفسها ، تماما كما يفعل الإنسان . فهو يستخدم قوة ملاحظته وخبراته السابقة في تجنب الوقوع في الأخطاء . ويرى أصحاب هذه التصورات أن عملية التعليم هذه ستؤهل هذه الحاسبات للوصول إلى مرحلة العبقرية والتفكير ، وبذلك ينشأ في نهاية الأمر جيل من الحاسبات الالكترونية يمكننا أن نسميه جيل العباقرة الآليين ، له قدرة على الابتكار والابتداع ، ويتفوق على الإنسان نفسه في كل شيء .

ويستند أصحاب هذا الرأي إلى تلك السرعة الهائلة التي تطورت بها الحاسبات الالكترونية منذ ظهورها ، ويمكننا أن نقول إن هناك جيلا جديدا متطورا من هذه الحاسبات كل عشر سنوات تقريبا . ويعني كل ذلك أن نمو قدرات الحاسبات الالكترونية وازدياد ذكائها ، سيأتيان بصورة طبيعية ، فهذا النمو سيرتبط بالتقدم في تركيبها وزيادة إمكانياتها لا أكثر ، وسيكون كل ذلك نتيجة طبيعية

لتعاقب أجيالها المختلفة جيلا بعد جيل ، وإذا استمرت هذه الحاسبات في التقدم بهذا الاسلوب ، فسوف تسبق النمو الطبيعي لذكاء الانسان .

ولا يمكننا بالطبع أن نأخذ هذه الأفكار مأخذ الجد ، خاصة إذا علمنا أن المخ البشري الذي يقارن الآن بهذه الحاسبات ، لا يعمل إلا بخمس طاقته الكلية ، أي بما لا يزيد على ٢٠٪ من طاقته وقدراته الفعلية ، فما بالنا إذا عمل هذا المخ بطاقته الكاملة !

وإذا قارنا قدرات المخ البشري بقدرات أفضل الحاسبات الالكترونية الموجودة اليوم ، لا تضح لنا على الفور أن هذه المقارنة ستكون في صالح المخ البشري . فمتوسط وزن المخ البشري مثلا لايزيد على ١,٣ - ١,٤ كيلو جرام من المادة الحية . ورغم هذا الوزن الصغير ، فإن المخ البشري يمتلك عددا هائلا من الخلايا المتخصصة يزيد عددها على ثلاثين بليونا ، وتستطيع هذه الخلايا الصغيرة أن تستوعب وتختزن قدرا هائلا من المعلومات يفوق كل وصف . فالمخ البشري يستطيع أن يختزن في ذاكرته ما يقرب من مائة ألف مليون معلومة في نفس الوقت ، وهو لا يستهلك في عمله إلا قدرا ضئيلا جدا من الطاقة لا يزيد عن ٢٠ وات فقط .

ولا شك أن هذا يمثل قمة الإعجاز ، ففي داخل تلك الكتلة الرمادية من خلايا المخ ، تختزن كمية هائلة من المعلومات والخبرات والأحداث التي عاشها الانسان . ولو أننا أردنا أن نسجل كل تلك المعلومات على الأوراق ، لاحتاج الأمر إلى ملايين الصفحات ، ولو

جمعت هذه الصفحات على هيئة كتب متوسطة الحجم ، لاحتجنا الى آلاف الامتار المكعبة لحفظ هذه الكتب .

وإذا قارنا كل ذلك بقدرة الحاسبات الالكترونية ، لوجدنا أن أقوى هذه الحاسبات وأكثرها كفاءة اليوم ، لايمكنه أن يختزن في ذاكرته إلا بضع ملايين فقط من هذه الأحداث والمعلومات . وعلى حين يبدو هذا الرقم ضئيلا وهزيلا بمقارنته بإمكانيات ذاكرة المخ البشري ، فإن حجم مثل هذا الحاسب الكفء ، سيبدو هائلا بالنسبة لحجم المخ البشري الصغير ، الذي لا يزيد حجمه عن حجم جمجمتنا ، بينما يشغل هذا الحاسب حجما هائلا ، قد يصل إلى عدة غرف وقاعات . ويجب ألا ننسى هنا ، أن هذا الحاسب القليل الامكانيات ، الكبير الحجم ، يحتاج إلى قدر كبير من الطاقة قد يبلغ مائة الف وات أو يزيد .

وتوضح هذه المقارنة البسيطة مقدار الكفاءة البالغة التي يبديها المخ البشري، فرغم صغر حجمه ، الذي لا يزيد على حجم أحد أشرطة التسجيل بأي حاسب الكتروني ، فهو يستطيع أن يقوم بعمل يزيد على عمل الحاسب الهائل آلاف المرات ، ولا يستخدم في ذلك إلا قدرا محدودا جدا من الطاقة ، ويفعل كل ذلك بما لا يزيد على خمس طاقته الكلية فقط .

ولو أننا أردنا أن نبني حاسبا الكترونيا يستطيع أن يقلد طاقات المخ البشري كاملة ، لوجدنا أن أبعاد هذا الحاسب ستصل إلى حدود هائلة ، ولا بد له أن يشغل حجما مذهلا ، قديفوق حجم الكرة

الارضية نفسها ، كما أنه سوف يستهلك قدرا رهيبا من الطاقة قد يصل إلى حوالي ألف مليون وات. وبالرغم من كل ذلك ، فإن مثل هذا الحاسب الالكتروني الضخم ، لن يكون في نهاية الأمر سوى تقليد بدائي ساذج للمخ البشري .

والمخ البشري يشغل موقعا فريدا بين سائر الموجودات في هذا الكون ، ولا يوجد ما يماثله على الإطلاق ، وربما كان من أعجب الأمور أن المخ يكتب الآن عن نفسه عندما أكتب هذه الكلمات ، ويقرأ أيضا عن نفسه عندما تقرأ أنت هذا الكتاب .



-١٦-

مصـــادر الطاقـة

في الخليّـة الحيّـة

تجري في الخلية الحية مئات من التفاعلات الكيميائية المتنوعـة ، ولهذا فإن الخلية تحتاج إلى مصدر مستمر من مصادر الطاقة لدفع هذه التفاعلات إلى نهايتها ، ولإجراء عملياتها الحيوية ، وحتى تستطيع القيام بوظيفتها على خير وجه . وتشبه الخلية الحية الشمعـة الى حد كبير ، فكلاهما يحتاج إلى أن يحرق جزءا من الوقود للحصـول على الطاقة المطلوبة .

وتتم عملية حرق الوقود في الشمعة على خطوة واحدة ، فتتحول الطاقة الكيميائية إلى ضوء وحرارة مرة واحدة وذلك عن طريق إحراق المادة الهيدروكربونية التي تتكون منها الشمعة ، وهي الشمع ، حيث تتحول في وجود اكسجين الجو إلى ثاني اكسيد الكربون وبخار الماء .

ولاتستطيع الخلية الحية أن تحصل على الطاقة اللازمة لهـا بنفس هذا الأسلوب ، فهي لاتستـطيع أن تحـرق ما بهـا من وقـود دفعـة واحدة ، كما تفعـل الشمعـة ، وذلك لأن الخلية الحية لايمكنهـا أن تستعمل الطاقة الحرارية الكبيرة التي قد تنتج عن هذا الإحـراق . ولهذا نجـد أن الخلية الحية تتحـايل على ذلك ، وتتغلـب على هذه الصعوبة بإحراق ما بها من وقود على عدة خطوات متتابعة ، يكون أقلها وأندرها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية .

ويعني ذلك أن الخلية الحية لاتطلق الطاقـة الناتجـة عن إحـراق

الوقود على هيئة طاقة حرارية ، ولكنها تفعل ذلك عن طريق بعض عمليات الأكسدة المتتابعة ، وتمتص الطاقة الناتجة عن هذه العمليات في بناء جزيئات جديدة تختزن فيها الطاقة اللازمة لها ، ثم تعيد استخدام هذه الطاقة عند الضرورة لإجراء العمليات الحيوية المختلفة .

وتستطيع الخلية أن تعيد استخدام هذه الطاقة المختزنة على عدة أشكال ، فهي قد تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة حركية ، تستغلها في تحريك عضلات الجسم ، كما أنها قد تحولها إلى طاقة كهربية تستغل في إرسال النبضات الصادرة من الأعصاب ، أو قد تحولها إلى طاقة ضوئية كما يحدث في حالة بعض الأسماك المضيئة التي تعيش في قاع البحر .

ويحتاج الأمر هنا إلى وقفة هادئة للنظر في موضوع الطاقة ، فمن المعروف أن قوانين الديناميكا الحرارية تجعل مجرد وجود الحياة بأشكالها المختلفة وبوظائفها المتنوعة أمرا غير محتمل ، بل وصعب التصور ، وذلك لأن هذه القوانين سالفة الذكر تحتم ضرورة تضاؤ ل قيمة الطاقة تدريجيا بمرور الزمن ، بمعنى أن الطاقة الناتجة عن إحراق الوقود لابد وأن تقل في القدر بمرور الوقت كما في حالة لهب الشمعة .

وتحتم هذه القوانين أن جميع الأنظمة مهما كان نوعها ، لا بد أن تتخذ في نهاية الأمر ترتيبا عفويا غير منتظم ، بحيث تكون أقرب إلى الفوضى منها إلى النظام ، حتى تكون طاقتها أقل ما يمكن .

ولو قارنا هذه المتطلبات التي تتطلبها قوانين الديناميكا الحرارية بما يحدث فعلا في الخلية الحية ، لوجدنا هناك اختلافا كبيرا وتعارضا على طول الخط ، فعملية البناء والتركيب في الخلية الحية ، وبصفة عامة في الكائن الحي ، عملية دائمة ولها صفة الاستمرار ، فالكائن الحي دائم النمو ، ويعني هذا أن هناك ازديادا في الطاقة طول الوقت بدلا من نقصانها .

وربما كانت هذه القدرة الفائقة على استخلاص الطاقة من البيئة واستخدامها في عمليات البناء الموجهة والمنتظمة ، والتي يمكن أن تتمثل في نمو الكائن الحي ، هي أهم ما يميز الكائن الحي عما حوله من بقية الجوامد والموجودات الأخرى في هذا الكون .

وقد تعددت المحاولات لمعرفة مصادر الطاقة في الخلية ، ولمعرفة الأسلوب الذي تستخدمه الخلية الحية للإفادة من هذه الطاقة في أغراضها الحيوية المختلفة ، ولم تتناول هذه المحاولات النواحي الكيميائية والطبيعية فقط ، ولكنها تناولت كذلك أنظمة الجزيئات المختلفة التي تقوم بهذه العمليات .

وقد أمكن التعرف على كثير من الجزيئات الفعالة والنشيطة التي يمكنها القيام ببعض هذه التحويلات مثل الانزيمات ، كما أمكن معرفة بعض الوسائل والطرق المستخدمة في الكائن الحي لاستخلاص وتصيد الطاقة وتبادلها وتوزيعها في الخلية الحية ، مما أنار الطريق كثيرا أمام العلماء لفهم بعض المباديء والأسس التي تقوم عليها مثل هذه العمليات . وقد بينت الدراسات والتجارب التي

اجريت في هذا المجال ، أن هناك جزءا خاصا في الخلية الحية تجري فيه جميع عمليات التحويل المختلفة للطاقة ، ويظهر هذا الجزء على هيئة جسيمات خلوية صغيرة تعرف باسم « الميتوكونـدريا » ، وهـي تعتبر الآلة الجزيئية المسئولة عن توليد الطاقة في الكائن الحي .

وتبدو الميتوكوندريا تحت الميكروسكوب على هيئة جسيمات صغيرة مستطيلة أو عصـوية الشـكل ، تسبـح في السيتوبـلازم بجـوار نواة الخلية ، وهي أصغر في الحجم من النواة ، وتوجـد في الخلية الحية بأعداد متوسطة وان كانـت بعض خلايا الكبـد في جسـم الانسـان تحتوي على آلاف من هذه الجسيمات التي قد تصل الى نحو ٢٠ ٪ من وزن الخلية الواحدة .

وكما تحتاج الشمعة إلى إحراق المادة الهيدروكربونية وهي الشمع للحصول على الطاقة ، فان الكائن الحي يحتاج هو الآخر الى وقود من نوع ما يستطيع أن يحرقه ليحصل منـه على ما يلزمـه من الطاقـة . ويعتبـر الغـذاء الـذي يتناولـه الكائـن الحـي كل يوم ، بمـا فيه من كربـوهيدرات ودهـون وبروتينـات ، هو الوقـود الاسـاسي الـذي تستخدمه الخلية الحية .

ويعرف جميع طلاب الكيمياء أن وزنا أو مقدارا ما من أي مركب عضوي يحتوي دائما على قدر ثابت من الطاقـة الكامنـة فيه ، وهـو يمسك بهذه الطاقة فيه على هيئة الروابط الكيميائية التي تقع بين ذراته المختلفة ، وأن هذه الطاقة تنطلق منه عندما تنحل هذه الروابـط أو عندما يتأكسد هذا المركب أكسدة تامة . واذا أخذنا سكر الجلوكوز

مثالا لمثل هذه المركبات العضوية ، لوجدنا أن جزيئه يتركب من ست ذرات من الكربون ، وأن الطاقة تكمن فيه خلال الروابط التي تقع بين ذرات الكربون والهيدروجين والاكسجين . ويمكن إطلاق هذه الطاقة من سكر الجلوكوز دفعة واحدة عند إحراقه في الهواء ، فيتحول جميع ما بجزيئاته من كربون إلى ثاني اكسيد الكربون ، وجميع ما به من هيدروجين إلى جزيئات الماء .

$$\begin{array}{l} CHO \\ | \\ (CHOH)_4 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة} \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

(٦٩٠٠٠٠ سعر)

جلوكوز اكسجين ثاني اكسيد كربون ماء

ويتبين من هذا المثال أن جزيء السكر يمكن اعتباره جزيئا عالي الطاقة ، وذلك لأنه يعطي عند إحراقه قدرا كبيرا من الطاقة في حين تعتبر جزيئات الماء وثاني اكسيد الكربون التي تنتج عن إحراقه ، جزيئات فقيرة في الطاقة حيث أنها تتكون في نهاية عمليات الاحتراق ، ولايمكن فك روابطها تحت هذه الظروف .

وتقاس دائما كمية الطاقة المنطلقة في عمليات الاحتراق أو الأكسدة بذلك القدر من الطاقة الذي ينطلق عند إحراق جرام جزيء من المادة . والمقصود بالجرام جزيء هنا هو الوزن الجزيئي للمادة مقدرا بالجرامات . وينطلق من احتراق جرام جزيء من سكر الجلوكوز ، وهو ما يساوي ١٨٠ جم ، قدر كبير من الطاقة يقدر

بحوالي ٦٩٠٠٠٠ سعر .

وطبقا لقوانين الكيمياء الحرارية ، فإن هذا القدر من الطاقة المنطلقة من الجلوكوز يكون ثابتا دائما ، أي أننا في كل مرة نحرق فيها نفس هذا القدر من الجلوكوز ، أي ١٨٠ جم ، فإننا نحصل على نفس القدر من الطاقة ، أي ٦٩٠٠٠٠ سعر .

ولايعتمد انطلاق هذا القدر من الطاقة على الطريقة التي تتم بها عملية الاحراق ، أو عملية أكسدة الجلوكوز ، فسواء تمت عملية الأكسدة على خطوة واحدة ، أو على عدة خطوات ، فإن نفس القدر من الطاقة ينطلق في الحالتين ، بشرط أن يتحول الجلوكوز في نهاية الأمر إلى ثاني اكسيد الكربون والماء . ويعني هذا أنه إذا قامت الخلية الحية بأكسدة الجلوكوز أكسدة تامة إلى ثاني أكسيد الكربون والماء ، مهما كانت طبيعة الخطوات التي تتخذها هذه العملية ، فإن نفس هذا الوزن الذي ذكرناه ، لابد أن يعطي ٦٩٠٠٠٠ سعر ، مهما اختلفت نوعية المواد المتوسطة الناتجة أثناء هذا التفاعل ، طالما كانت النواتج النهائية هي ثاني اكسيد الكربون والماء .

ولاتستطيع الخلية الحية استخدام هذا القدر الكبير من الطاقة مرة واحدة . ولهذا فهي تفضل إجراء عملية الأكسدة السابقة على خطوات متعددة . وهي تفعل ذلك عادة تحت ظروف خاصة محكمة غاية في الإحكام ، تمكنها من استخدام أغلب الطاقة المنطلقة في كل خطوة . ولايمكن تصور استخدام الخلية الحية للطاقة الناتجة من إحراق الجلوكوز على هيئة حرارة في تحريك العضلات مثلا ، وذلك

لأن استخدام الحرارة في ذلك يستلزم سريان الحرارة من منطقة ساخنة إلى منطقة باردة ، وهو الأساس الذي تعمل به الآلات الحرارية المختلفة ، حيث تنخفض درجة حرارة المائع المستخدم ، مثل الغاز أو البخار ، والمستخدم في تشغيل الآلة ، انخفاضا ملحوظا عند مروره من غرفة الاحتراق إلى مخرج العادم .

ولم يكتشف أحد حتى الآن فروقا في الحرارة بين خلية وأخرى في الكائن الحي . وليست هناك فروق كذلك داخل الخلية نفسها ، وعلى ذلك فإن استخدام الخلية الحية للطاقة الناتجة عن إحراق الجلوكوز ، على هيئة حرارة أمر مستبعد كل الاستبعاد ، حيث ليس له سند تجريبي حتى الآن . واذا كانت الخلية الحية لاتستطيع استخدام الطاقة على هيئة حرارة ، فكيف يمكنها إذن أن تحتفظ بهذه الطاقة وتسخدمها في عملياتها الحيوية المختلفة !

من المتعارف عليه اليوم أن الخلية الحية تستطيع أن تقتنص الطاقة الناتجة عن احتراق الغذاء على صورة طاقة كيميائية ، فهي تستخدمها في بناء جزيئات تختزن الطاقة وتستطيع أن تساعد على بذل الشغل في ظل نظام ثابت الحرارة ، أي أن درجة الحرارة لا تتغير فيه مهما تم التغير من صنف لآخر .

ولكي تقوم الخلية باستغلال الطاقة تحت هذه الظروف ، فانها تتحكم في عمليات أكسدة الغذاء بمنتهى الدقة ، وهي تفعل ذلك على خطوات، مستخدمة في ذلك عوامل مساعدة متنوعة مثل الانزيمات .
وهناك عشرات من الانزيمات التي تساعد على عمليات الأكسدة في

الخلية الحية ، ويقوم كل من هذه الانزيمات بإجراء تفاعل واحد محدد لا يحيد عنه ، وينتج عن هذه التفاعلات متسلسلة من الخطوات الكيميائية التي تؤدي في نهاية الأمر إلى تحول الغذاء ـ وهو الوقود في هذه الحالة ـ إلى ثاني اكسيد الكربون والماء مع انطلاق قدر معين من الطاقة في كل خطوة .

وتتتابع التفاعلات داخل الخلية الحية بأسلوب محدد ، فهي تنقسم إلى مراحل ثلاث . ففي المرحلة الأولى تقوم بعض الانزيمات بتكسير السكريات والدهون وبعض أجزاء البروتينات الى وحداتها البسيطة ، ثم يتبع ذلك المرحلتان التاليتان اللتان تتأكسد فيهما هذه الوحدات البسيطة بواسطة انزيمات خاصة ، حيث يتحول ما بها من الكربون إلى ثاني اكسيد الكربون ويتحول ما بها من الهيدروجين إلى الماء .

ولاشك أن أهم نواتج هذه العمليات هي الطاقة المنطلقة في هذه التفاعلات ، وليس ثاني اكسيد الكربون والماء . فهذه المواد الأخيرة تعتبر مواد عادمة فقط في هذه التفاعلات ، ولا أهمية لها ، بل يتم التخلص منها . أما الطاقة الناتجة فإنها تختزن على هيئة روابط كيميائية في بعض الجزيئات ذوات التركيب الخاص ، والتي يمكن تسميتها بالجزيئات الخازنة للطاقة ، ثم يتم تسليم هذه الطاقة بعد ذلك بأسلوب خاص إلى مختلف نشاطات الخلية الحية .

ويعتبر الجلوكوز كما بينا من أهم مصادر الطاقة في الجسم ، وهو ينقسم في هذه التفاعلات إلى جزيئين من حمض عضوي يعرف باسم حمض البيروفيك . وعلى الرغم من أن هذه العملية تبدو على درجة

من البساطة ، إلا أنها في الحقيقة معقدة إلى حد كبير ، فهي تتضمن عددا من التفاعلات المتتابعة التي تعتمد على عشرات من الانزيمات ، ولم يتوصل العلماء إلى معرفة تفاصيلها إلا أخيرا ، وبعد بحوث دامت حوالي أربعين عاما .

وتشمل الخطوة الثانية لعملية أكسدة الجلوكوز ، تحول حمض البيروفيك إلى حمض عضوي آخر هو حمض اسيتيك الذي يتحد مع حمض ثالث يعرف باسم حمض اوكزال أسيتيك ليعطي حمض الستريك (حمض الليمونيك) ، وهنا نصل إلى دورة أخرى من التفاعلات الكيميائية تعرف باسم « دورة حمض الستريك » أو « دورة كريبس » نسبة إلى مكتشفها العالم البريطاني « سيرهانز كريبس » .

ويمكننا هنا أن نقول أن حمض الستريك يدخل في مجموعة من التفاعلات تنتهي بتكوين حمض أوكزال اسيتيك مرة أخرى كي يعود فيدخل في الدورة ثانية ، بينما تتم أكسدة ذرات الكربون الموجودة بجزيء حمض اسيتيك الى ثاني اكسيد الكربون ، في حين تحمل ذرات الهيدروجين بواسطة انزيم خاص كي تتأكسد بعد ذلك باكسجين الدم الوارد من الرئتين إلى الماء .

ومن الطبيعي أن عمليات الأكسدة والتفاعلات المتتابعة السالفة الذكر يصحبها انطلاق قدر من الطاقة في كل خطوة ، فما الذي يحدث لهذه الطاقة ؟ وما مصيرها ؟ وكيف يتم اختزانها ؟ وكيف تستفيد منها الخلية الحية وتستعملها في عملياتها الحيوية !

لقد قام بعض العلماء بتجربة معملية بسيطة ، كان لها الفضل
لأكبر في الإجابة على هذه التساؤلات ، فقد قاموا بوضع قطع
ىغيرة من بعض العضلات أو قطع من الكلية على هيئة معلق في
ىلول من الجلوكوز في درجة حرارة مناسبة ، ثم قاموا بإمرار تيار
ادىء من غاز الاكسجين في هذا المحلول . وقد لاحظ العلماء الذين
اموا بإجراء هذه التجربة ، أن أيونات الفوسفات الموجودة بالمحلول
دأت بعد فترة في الاختفاء ، أو بمعنى آخر بدأ تركيزها في المحلول
نل تدريجيا كلما تقدمت عملية أكسدة الجلوكوز بواسطة النسيج
لحي .

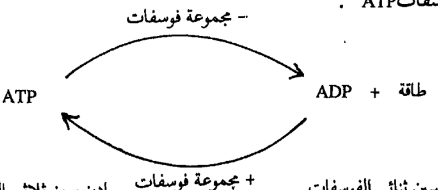
وقد أمسك العلماء بهذا الخيط ، وتتابعت بحوثهم في هذا
لمجال ، وتبين فيما بعد أن أيونات الفوسفات تقوم بالاتحاد مع إحدى
لقواعد العضوية المحتوية على النتروجين والتي ترتبط بدورها
جزيء من السكر لتعطي مركبا خاصا يسمى « ادينوسين ثلاثي
فوسفات » « Adenosine triphosphate » ، ويرمز العلماء إلى مثل
ذه المركبات بالأحرف التالية « ATP » وهي الأحرف الأولى لاسمها
اللغة الأجنبية كما يرمز إليها علماء الكيمياء بالصيغة الكيميائية
تالية :

NH2 N N N N OH OH H H H O H CH2O – P – O ~ P – O ~ P – OH (OH OH OH, O O O)

ادينوسين ثلاثي الفوسفاتATP

وتعتبر الروابط التي تربط بين مجموعة الفوسفات والممثلة بالخط المتموج (~) روابط عالية الطاقة ، وهي تستمد طاقتها العالية ، أو الطاقة اللازمة لتكوينها من أكسدة الجلوكوز ، ويعني هذا أن جزيئات هذه المادةATP تشبه المركم ، أو البطارية المعتادة ، فهي تختزن الطاقة الناتجة من أكسدة الغذاء أو الجلوكوز في روابطها الكيميائية ، وهي تستطيع أن تطلق هذه الطاقة عند الطلب ، فتعطيها مثلا لإحدى العضلات لتحريكها وهي تفعل ذلك عادة عن طريق كسر الرابطة التي تربط إحدى مجموعات الفوسفات الموجودة بها ، أي أنها عندما تفقد إحدى مجموعات الفوسفات تعطي الطاقة الناتجة عن كسر الرابطة التي تربطها ببقية الجزيء ، الى ما حولها من جزيئات أو إلى العضلات وما إليها ، بينما تتحول هي إلى مركب جديد يحتوي على مجموعتي فوسفات فقط يعرف عادة باسم « ادينوسين ثنائي الفوسفات » ويرمز اليها بالرمز « ADP » .

ويمكن إعادة شحن هذه البطارية مرة أخرى ، ويحدث ذلك عادة باتحاد مركب ادينوسين ثنائي الفوسفاتADP مع مجموعة فوسفات جديدة لتعطي المركب الاصلي عالي الطاقة ، ادينوسين ثلاثي الفوسفاتATP .



ويمكننا أن نلخص عملية استخلاص الطاقة وانتقالها في الخلية الحية على الوجه التالي : يتأكسد سكر الجلوكوز الناتج عن تحلل الغذاء ، على عدة خطوات متتابعة ، وتستغل الطاقة الناتجة من هذه الأكسدة في تكوين جزيئات عالية الطاقة هي جزيئاتATP وتنتقل هذه الجزيئات التي تشبه البطارية أو المركم من مكان لآخر في الخلية الحية ، وهي تفعل ذلك لتعطي الطاقة اللازمة لمن يطلبها ، سواء كان ذلك انقباض عضلة ما ، أو تخليق جزيء من البروتين ، أو أي عملية أخرى من العمليات الحيوية التي تجرى في داخل الخلية الحية .

وعندما تعطى جزيئاتATP بعض طاقتها ، تتحول هي إلى جزيئات أقل منها في مستوى الطاقة تسمىADP ، والتي يجري عادة شحنها مرة أخرى إلى جزيئاتATP ، باستخدام الطاقة الناتجة عن أكسدة الجلوكوز في الخلية الحية . وتتم عملية تحويل الطاقة السابقة في الخلية الحية بكفاءة عالية ، وهي تزيد كثيرا عن كفاءة مثل هذه التحويلات في مختلف الآلات المعروفة .

ويمكننا أن نتصور مقدار هذه الكفاءة إذا علمنا أن كل جزيء من الجلوكوز يعطي عند أكسدته اكسدة كاملة - الى ثاني اكسيد الكربون والماء - قدرا من الطاقة يكفي لتحويل ٣٨ جزيئا منADP إلى ٣٨ جزيئا من ثلاثي الفوسفاتATP وذلك عن طريق اتحادها مع ثمان وثلاثين مجموعة من مجموعات الفوسفات .

وقد تبين من الدراسات المختلفة أن تحويل جزيء واحد من

ثنائي الفوسفاتADP إلى جزىء من ثلاثي الفوسفاتATP يحتاج إلى قدر من الطاقة يصل الى حوالي ١٢٠٠٠ من السعرات . وينبني على ذلك أن تكوين ثمانية وثلاثين جزيئا من ثلاثي الفوسفاتATP يحتاج إلى قدر من الطاقة يساوي :

٣٨ × ١٢٠٠٠ = ٤٥٦٠٠٠ سعرا

وبما أن الأكسدة الكاملة لجزيء الجلوكوز تعطي ٦٩٠٠٠٠ من السعرات كما سبق أن بينا ، فإن هذا يعني أن تكوين ثمانية وثلاثين جزيئا من جزيئات ثلاثي الفوسفاتATP باكسدة جزيء واحد من الجلوكوز يتسبب في استرجاع نحو ٦٦ ٪ من الطاقة الكلية الناتجة . ويعني هذا أن الخلية الحية عندما تقوم بأكسدة جزيء واحد من الجلوكوز فإنها تفعل ذلك بعناية كبيرة ، وتحاول أن تقتصد في الطاقة الناتجة ولاتضيعها سدى ، وعلى ذلك فهي تحاول أن تستفيد بأكبر قدر ممكن من هذه الطاقة المنطلقة في عملية الأكسدة وهي تستطيع أن تختزن نحو ٦٦٪ منها ، وهي نسبة عالية جدا بالقياس بكفاءة بعض الآلات المحركة التي ابتكرها الأنسان ، فالآلات التي تعمل بالبخار مثلا لاتستطيع أن تحول أكثر من ٣٠ ٪ من الطاقة المستخدمة إلى عمل نافع .

ولاشك أن هذا الوفر الهائل في استخدام الطاقة ليدل دلالة قاطعة على مقدار الكفاءة التي تدير بها الخلية الحية عملياتها المختلفة ، وهي إحدى المميزات الهامة التي تنفرد بها الحياة من بين سائر الموجودات . ويحق لنا هنا أن نتساءل عن الكيفية التي تتم بها عملية الأكسدة

المتتابعة للجلوكوز ، وهل هناك مكان خاص تحدث فيه هذه العمليات أم أنها تحدث في جميع أرجاء الخلية الحية .

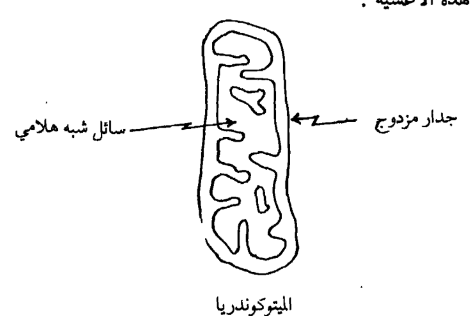
لقد بينت البحوث والدراسات المتعددة التي أجريت في هذا المجال أن عمليات الأكسدة التي نحن بصددها تقع دائما داخل جسيمات خاصة تعرف باسم « الميتوكوندريا » ، وأن عددا كبيرا من الانزيمات تشترك في هذه العمليات . وقد أمكن فصل جسيمات الميتوكوندريا من الخلايا الحية بطرق معملية بسيطة ، فيجري تحطيم جدر الخلايا بقوة الطرد المركزي ، عند سرعات عالية ، ثم تجمع هذه الجسيمات .

وقد تم التحقق من وظيفة جسيمات الميتوكوندريا بتجارب بسيطة كذلك ، فقد وضعت هذه الجسيمات مع حمض البيروفيك ، ومع بعض المواد الوسيطة الأخرى في دورة حمض الستريك التي تحدثنا عنها من قبل ، وضبطت حرارة المحلول عند حد معين كما أُمِرّ به تيار هاديء من غاز الاكسجين . وقد لاحظ العلماء الذين قاموا بهذه التجربة ، أن جميع التفاعلات التي يمكن توقعها في دورة حمض الستريك ، قد تمت تماما ، وبنفس الترتيب المعروف ، وبمعدل أسرع من المعتاد .

وقد أثبتت هذه التجربة أن الميتوكوندريا هي الجسيمات الخلوية التي تتولى عمليات اختزان الطاقة واطلاقها في الخلية الحية ، وبذلك يمكن اعتبارها محطة القوى الرئيسية في الخلية الحية . وعند رؤ ية الميتوكوندريا تحت الميكر وسكوب الالكتروني الذي تبلغ قوة تكبيره

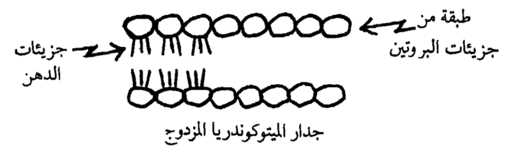
نحو ٢٤٠٠٠٠ مرة ، يتضح أن هذه الجسيمات تختلف كثيرا عما نراه تحت الميكروسكوب العادي ، فهي ليست مجرد جسم منتفخ من البروتوبلازم كما تعودنا أن نتصورها ، ولكنها تبدو تحت قوة التكبير الهائلة وكأنها خلية صغيرة داخل الخلية الحية . لقد اتضح أن هذه الجسيمات تتكون من جدار رقيق يحيط بفراغ داخلي يحتوى على سائل شبه شفاف مثل الهلام .

ويتركب جدار الميتوكوندريا في الحقيقة من غشائين رقيقين يفصل بينهما فراغ صغير ، وينثني الغشاء الداخلي ليصنع بروزا داخل جسم الميتوكوندريا في أكثر من مكان على طول الجدار . ولا يزيد سمك كل غشاء من الأغشية المزدوجة لجدار الميتوكوندريا عن ٦٠ ـ ٧٠ انجشتروم (الانجشتروم يساوي جزءا من مائة مليون جزء من السنتيمتر) ، مما يدل على أن كل غشاء من هذه الأغشية يتكون من طبقة واحدة أو من طبقتين من الجزيئات وهو ما يفسر تلك الرقة المتناهية لهذه الاغشية .



الميتوكوندريا

وقد دلت البحوث الحديثة على أن كل غشاء من هذه الأغشية يتكون في الحقيقة من طبقة واحدة منتظمة من جزيئات البروتين ، بينما يتكون الفراغ الفاصل بين كل منهما من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهن .



جدار الميتوكوندريا المزدوج

وقد أمكن الاستدلال على هذا التركيب بطرق متعددة ، إحداها التحليل الكيميائي لجدار الميتوكوندريا ، فقد جاءت نتائج هذه التحاليل متمشية مع هذا التركيب حيث ثبت أن هذه الجدر تتكون من ٦٥٪ بروتين ، و٣٥٪ دهنا .

ويذكرنا ترتيب الجزيئات في جدار الميتوكوندريا بترتيب الجزيئات في جدار الخلية الحية بصفة عامة ، ونلاحظ أنه في هذه الحالة أيضا ، تترتب الجزيئات طبقا لخواصها الطبيعية ، فسلاسل البروتين التي تحتوي على مجموعات قطبية ، أو مجموعات تحمل شحنا كهربائية ، وتعتبر بذلك محبة للماء ، تمتد على طول السطح الخارجي في مواجهة الماء المحيط بهذه الجسيمات ، كما تمتد على طول السطح الداخلي ملامسة للماء الموجود داخلها ، في حين ان السلاسل الهيدروكربونية لجزيئات الدهن ، والتي تعتبر كارهة للماء ـ لأنها تتركب من الكربون والهيدروجين فقط مثل السمع ـ تبتعد عن الماء ، ولذلك فهي تختفي وسط الجدار بين سلسلتي البروتين .

وعلى الرغم من أن هذه الجزيئات المكونة لجدار الميتوكوندريا لها حرية في الحركة إلى حدما ، إلا أن هذا التركيب يعتبر ثابتا إلى حد كبير ، ويمكن الإخلال بنظام الجزيئات في هذه الجدر عند تعريضها لبعض الظروف الخاصة ، مثل تعريضها للموجات فوق الصوتية ، أو تعريضها لفعل بعض المنظفات الصناعية ، وعندئـذ تفقـد هذه الأغشية تماسكها وتتحلل ويخرج المحتوى الهلامي الموجود داخل هذه الجسيمات . وقد استخدمت هذه الطريقة فعـلا في فصـل السوائـل الموجودة داخل جسيمات الميتوكوندريا ، وقد تم فصل بقايا هذه الجدر غير الذائبة عن المحتوى الهلامي للجسيمات بقـوة الطـرد المركزي . وعند تحليل السائل الهلامي للميتوكوندريا اتضـح أنـه يحتـوي على أغلب الانزيمات التي تلزم لتحقيق دورة حمض الستريك التي تطلق الطاقة .

وقد لوحظ ان الميتوكوندريا قد تغير حجمها من وقت لآخر ، فهي قد تنتفخ في بعض الأحيان وتكبر قليلا في الحجم ، ويبدو أنها تفعل ذلك بامتصاص بعض الماء من سيتوبلازم الخلية الحية المحيط بها . وعندما يحدث ذلك نجد أن جدار الميتوكوندريا يغير من أبعاده حتى يتمكن من استيعاب هذا الحجم الجديد من السوائل . ويرتبط هذا التغـير في الحجـم ارتباطـا وثيقـا بتـركيز مركب ادينوسـين الثلاثي الفوسفاتATP ، فقد وجد أن جدار الميتوكوندريا ينكمش كثيرا عند زيادة تركيز مركب الطاقةATP في داخلها ، في حـين يسترخـي هذا الجدار ويتمدد عند نقص تركيز هذا المركب في السوائل الداخلية .

ويبدو من ذلك أن معدل الأكسدة ، أو معدل تحـول الطاقـة في

جسيمات الميتوكوندريا ، ليس ثابتا على الدوام ، ولكنه يعتمد اعتمادا كبيرا على الظروف المحيطة بهذه الجسيمات ، فعند زيادة تركيز مركب الطاقةATP داخل الميتوكوندريا ، لاتعود هناك حاجة لتصنيع المزيد من هذا المركب ، فتنكمش جدر هذه الجسيمات وتقل في الحجم ، فتنخفض بذلك قدرتها على تحويل الطاقة حيث لا لزوم لذلك . وعندما يقل تركيز جزيئاتATP داخل جسيمات الميتوكوندريا نتيجة لسحب بعض منها إلى الخارج ، فإن جدر هذه الجسيمات تبدأ في الاسترخاء والتمدد . وبذلك تزداد الميتوكوندريا في الحجم وتكبر ، مما يزيد من قدرتها على تحويل الطاقة وعلى تعويض النقص في جزيئاتATP مرة أخرى .

ويتضح من ذلك أن عملية إنتاج الطاقة عملية متوازنة مع الظروف المحيطة بجسيمات الميتوكوندريا ، فهذه الجسيمات لاتقوم بتحويل الطاقة بطريقة عشوائية ، ولكن قدرتها أو فاعليتها في أداء وظيفتها ترتبط ارتباطا كبيرا بمدى احتياج الخلية الحية للطاقة ، وبمدى قدرة هذه الخلية على سحب الكميات المتكونة من جزيئات الاوينوسين الثلاثي الفوسفاتATP .

لقد ركزنا كثيرا فيما سبق على أكسدة الجلوكوز ، فهل تستمد الخلية الحية كل طاقتها من أكسدة السكريات فقط ، أم أن هناك عناصر أخرى في الغذاء يمكن للخلية أن تستفيد منها في الحصول على الطاقة ؟

لاشك أن الدهون تعتبر مصدرا هاما للطاقة بالنسبة للخلية

الحية ، فهي تعتمد على هذه الدهون في الحصول على جزء كبير من الطاقة التي تحتاج إليها . وتتركب الدهون عادة من نوعين من الجزيئات العضوية ، أحدهما ثابت على الدوام ويوجد في جميع الدهون وهو الجليسرين ، والثاني منهما متغير من دهن إلى آخر وهو الحمض الدهني ، وهذا الجزء من الدهن ، وهو الحمض الدهني ، هو الجزء الذي تستخدمه الخلية الحية في الحصول على الطاقة اللازمة لها .

ويتركب الحمض الدهني من سلسلة هيدروكربونية تتكون من عدد من ذرات الكربون يتصل بها عددا آخر من ذرات الهيدروجين . وتماثل هذه السلسلة الهيدروكربونية نفس السلسلة التي توجد بالشموع والتي تعود الإنسان أن يحرقها منذ زمن طويل للحصول على الحرارة والضوء ، إلا أنه في هذه الحالة تنتهي هذه السلسلة الهيدروكربونية بمجموعة حمضية تعرف باسم مجموعة الكربوكسيل .

$$\begin{array}{ccccccccccc} & H & & H & & H & & H & & H & \\ & | & & | & & | & & | & & | & \\ H- & C & - & C & - & C & - & C & - & C & - \ COOH \\ & | & & | & & | & & | & & | & \\ & H & & H & & H & & H & & H & \end{array}$$

السلسلة الهيدروكربونية — مجموعة الكربوكسيل

حمض دهني

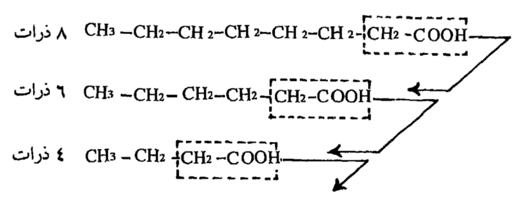
وعندما يتحد الحمض الدهني بالجليسرين ، يتكون ما يسمى « بالجليسريد » ، وهو الدهن الذي نعرفه والذي يوجد في كثير من الأنسجة النباتية والحيوانية ، ويطلق على هذه الدهون عادة اسم عام

يتوقف على طبيعتها ، فنحن نسميها زيوتا ، إن كانت هذه الدهون سائلة في درجة الحرارة العادية ، أو نسميها دهونا إن كانت متجمدة أو شبه صلبة في درجة حرارة الغرفة .

وقد تحير العلماء كثيرا في معرفة الطريقة التي يتأكسد بها الحمض الدهني في الخلية الحية أثناء عملية إطلاق الطاقة ، وقد اتضح لهم بعد كثير من البحوث والتجارب أن عملية الأكسدة لسلسلة الحمض الدهني تتم دائما على خطوات متناسقة يتم في كل منها استقطاع ذرتين من ذرات الكربون ، بشرط أن تكون إحدى هاتين الذرتين هي تلك الذرة الموجودة في المجموعة الحمضية (مجموعة الكربوكسيل) ، بينما تكون الذرة الثانية هي ذرة الكربون المجاورة لهذه المجموعة ، في حين تتحول ذرة الكربون التالية لهاتين الذرتين إلى مجموعة كربوكسيل جديدة وبذلك يقل طول السلسلة الدهنية بمقدار ذرتين .

وتتكرر هذه العملية باستمرار ، وفي كل مرة يتكون حمض دهني جديد يقل طول سلسلته عن الحمض الأصلي بمقدار ذرتين من الكربون ، حتى ينتهي الأمر بتحول هذا الحمض الدهني إلى ثاني أكسيد الكربون والماء ، أو يتحول إلى حمض قصير السلسلة يدخل في بعض التفاعلات الخلوية الأخرى .

ويمكننا تصور هذا التفاعل المتسلسل إذا فرضنا أننا بدأنا بحمض دهني تتكون جزيئاته من ثماني ذرات من الكربون ، فإن الخطوة الأولى في عملية الأكسدة تحوله إلى حمض دهني يتركب من ست ذرات من الكربون ، ثم تقوم الخطوة الثانية للأكسدة بتحويله إلى حمض دهني يتركب من أربع ذرات من الكربون وهكذا .



أكسدة الأحماض الدهنية

وتتم أكسدة الأحماض الدهنية في الخلية الحية بمساعدة جسيمات الميتوكوندريا التي تحتوي على أنواع من الانزيمات تستطيع القيام بمثل هذه العمليات بجانب بعض العوامل الأخرى . وربما كان أهمها ذلك العامل الفعال الذي نطلق عليه « مساعد الانزيم أ » « Coenzyme A» .

وتختلف مساعدات الانزيمات عن الانزيمات في عديد من النواحي ، فمساعدات الانزيمات ليست من البروتينات ، أي لا تتكون من سلاسل ببتيدية ، ولكنها تختلف في طبيعتها عن ذلك ، وهي تتكون من جزيئات صغيرة نسبيا ، أي أنها أصغر بكثير في الحجم عن جزيئات الانزيمات المعتادة ، حتى أنه يمكن القول أن الفرق بين حجم الانزيم وحجم مساعد الانزيم مثل الفرق بين حجم الأرض وحجم القمر . كذلك تختلف مساعدات الانزيمات عن الانزيمات في أنها لا تتأثر كثيرا بالحرارة .

وتتخذ عملية أكسدة الحمض الدهني مسارا فريدا في نوعه ، فعملية الأكسدة تبدأ في اللحظة التي يرتبط فيها الحمض الدهني

بمساعد الانزيم « أ » . وتبلغ قوة هذا الارتباط حدا هائلا حتى أن الحمض الدهني لا يستطيع فكاكا من هذا الارتباط مع مساعد الانزيم ، مما دعا البعض إلى تسميتها « قبلة الموت » ، فلا يمكن فك هذا الارتباط فعلا ، إلا بعد أن تنتهي عملية الاكسدة الكاملة وتصل إلى نهايتها . وعندئذ ينفصل مساعد الانزيم على هيئته الحرة .

ويبدو أن الامور قد رتبت بهذا الشكل في الخلية الحية ضمانا للحفاظ على الطاقة وتأكيدا لحسن استغلالها على الدوام ، وذلك لأن الخلية الحية تستخدم تلك المادة النفيسة المسماة ادينوسين الثلاثي الفوسفات ATP في صنع « مساعد الانزيم أ » . وهي لهذا السبب لا تستطيع أن تسيء استخدامه أو أن تفرط فيه ، ولذلك فبمجرد ارتباطه بالحمض الدهني ، لا يمكن فك هذا الارتباط إلا بعد انتهاء عمليات الأكسدة المتتابعة ، والوصول بها الى نهاية المشوار . وبذلك تستفيد منه الخلية استفادة كاملة . ولعلنا نرى في هذا مثالا آخرا للتنظيم الفائق وللاقتصاد الهائل في الطاقة الذي تمارسه الكائنات الحية باختلاف أنواعها .

وربما يسأل سائل ، ما هي الفائدة التي تجنيها الخلية الحية من أكسدة الأحماض الدهنية ، إذا كانت تستهلك في هذه العملية قدرا من الطاقة المختزنة في جزيئات ادينوسين الثلاثي الفوسفات ATP ؟

وعلى الرغم من أن هذا صحيح فعلا ، إلا أننا يجب ألا نتسرع في الحكم قبل أن نقارن كمية الطاقة المستخدمة في عملية الأكسدة بكمية الطاقة الناتجة منها . وقد اتضح أنه اذا استخدم جزيء واحد من

جزيئات ادينوسين الثلاثي الفوسفات ATP لبدء هذه التفاعـلات ، فإن الطاقة الناتجة عن تفاعلات الاكسـدة المذكورة تعطـي قدرا من الطاقة يستـطيع أن يكون مائـة جزىء من جزيئـات ATP في نهـاية المشوار .

ويعني هذا أن الخلية الحية إذا أنفقت قرشا واحدا لبـدء تفاعـل الاكسدة ، فانها تحصل على مائـة قرش في نهـاية هذه السلسلـة من التفاعلات ، ويبدو لنا على الفور ، أن هذه العملية مجزية تمام الجزاء من ناحية الطاقة ، بالنسبة للخلية الحية . وعلى الرغم من أن جميع البحوث التي أجريت في هذا المجال ، كان هدفهـا الأصلي معرفـة الوسيلة التي تستخدمها الخلية الحية في أكسدة الدهون ، والحصول على الطاقة منها ، إلا أن هذه البحوث قد أفـادت كثـيرا في معرفـة التفاعل العكسي الذي تستخدمه الخلية لتبني به السلاسل الطويلـة للأحماض الدهنية في الجسم . كذلك ألقت هذه البحوث والتجارب كثيرا من الضوء على الطريقة التي تُبنى بها بعض الستـيرويدات في الجسم ، مثل الكولسترول وغيره من المواد .

ويبدو أن الخلية الحية تتبع أسلوبا موحدا في جميع هذه العمليات فهي تبنى سلاسل الحمض الدهني بتركيب ذرات الكربون واحـدة وراء الأخرى على هيئة سلسلة منبسطة ، تماما مثـل ترتيب حبـات الخرز في العقد . أما في حالة المركبات الحلقية مثل الكولسترول ، فيبدو أن بعض هذه السلاسل تكتسب فروعا جانبية في أول الأمر ، ثم ترتبط هذه الفروع بعضها مع بعض لتكوين حلقات .

وقد ساعدت هذه البحوث كذلك على فهم بعض ما يحدث لمرضى السكر الذين لا يستطيعون أكسدة الدهون أكسدة كاملة ، كما أن أجسادهم لا تستطيع الاحتفاظ بهذه الدهون في أنسجتها الا بقدر ضئيل جدا . ويساعد حقن الانسولين في أجسام هؤلاء المرضى على استكمال اكسدة الأحماض الدهنية، كما يزيد من قدرة الجسم على تخليق الدهن وترسيبه في الأنسجة المختلفة .

ويتضح مما سبق أن محطات القوى المنتشرة في جميع الخلايا الحية ، والتي تسمى الميتوكوندريا هي المسئولة الأولى والأخيرة في الخلية عن المحافظة على مستوى ثابت للطاقة ، وهي تفعل ذلك على الدوام بكفاءة نادرة . وهي سمة من سمات الخلية الحية التي تستطيع أن تجري كل عملياتها الحيوية بدقة متناهية وبكفاءة عالية .

ومن الطريف أن عمليات إنتاج الطاقة والاحتفاظ بها عمليات غير مركزية ، بل هي عمليات محلية إلى حد كبير ، فكل خلية من الخلايا الحية في جسد الكائن الحي ، تمتلك محطات القوى الخاصة بها ، والسبب في ذلك يبدو واضحا ، جيث أنه يلزم توفر الطاقة في نفس الموقع الذي يتطلب استخدامها . وبذلك لا يفقد من هذه الطاقة شيئا ما أثناء انتقالها .

ويقدر بعض العلماء أن الخلية الحية المعتادة تحتاج إلى قدر كبير من الطاقة يحمله حوالي مليونين من جزيئات ادينوسين الثلاثي الفوسفات ATP في الثانية الواحدة كي تدفع التفاعلات الكيميائية التي تدور بها ، وكي تقوم بكل عملياتها الحيوية . ولا شك أن الاحتياج إلى

محطات القوى أو الميتوكوندريا ، وما تنتجه من جزيئات الطاقةATP يزداد كثيرا في حالة الخلايا التي تقوم بالحركة ، فإن مثل هذه الخلايا تحتاج إلى قدر هائل من الطاقة يتناسب مع ما تقوم به من عمل ، ونجد أن هذا صحيح حقا بالنسبة لخلايا عضلات أجنحة الطيور مثلا ، أو خلايا قاعدة ذيل الحيوان المنوي الذي يتحرك بصفة مستديمة .



-١٧-

نظام الدفاع والأمن في الكائن الحي

لكل دولة متقدمة نظام خاص للدفاع عن أمنها الداخلي وعن حدودها الخارجية المحيطة بأرضها . وتقوم الدول عادة بتخصيص مجموعة من أبنائها على هيئة قوات الشرطة للدفاع عن أمنها الداخلي ، كما تقوم هذه الدول كذلك بتدريب مجموعات أخرى من أبنائها على هيئة قوات خاصة أخرى تعرف بالجيوش . وهي تسلح هذه المجموعات بجميع الأسلحة التي تساعدها على منع العدوان على حدودها ، وتعطيها القدرة على القضاء على أي دخيل يحاول التسلل إلى أراضيها .

وكما سبق أن رأينا ، فإن جسد الكائن الحي الذي يتكون من ملايين الخلايا ، يشبه هو الآخر دولة هائلة الحجم ، مترامية الأطراف ، بالغة الضخامة ، ولا بد أن يكون لمثل هذه الدولة الشاسعة الفائقة النظام ، نوع ما من نظم الدفاع والأمن ، يستطيع أن يوفر الحماية اللازمة لبقية فئات هذا المجتمع الهائل من الخلايا المتخصصة ، حتى تستطيع أن تقوم بواجبها على الوجه الأكمل فتقاوم الدخيل وتقضي على المتسلل .

وربما كان أفضل وأرقى أنواع انظمة الدفاع والأمن ما يوجد منها في جسم الإنسان ، ويستخدم هذا النظام أنواعا متخصصة من الخلايا تعرف باسم الأجسام المضادة ، وتقوم هذه الأجسام بمهاجمة أي

دخيل تسول له نفسه التسلل إلى جسد الكائن الحي ، وهي بذلك تقوم بمهام الجيوش .

ومن أكثر الأشياء إثارة للدهشة ، أن هذه الأجسام المضادة ، لاتهاجم خلايا الكائن الحي الذي يفرزها أبدا،وهي لا تقرب منها ، وتستطيع في أي لحظة أن تميز بين الأصيل والدخيل ، فكيف يمكنها أن تفعل ذلك ؟ . . . ومتى حصلت على هذا النوع من التدريب ؟ .

لقد تحير العلماء زمنا طويلا في تفسير هذه الظاهرة ، وعجزوا عن فهمها حتى وقت قريب ، وأخيرا ، وبعد أن تقدمت فروع العلم المعنية بدراسة الخلايا الحية ومكوناتها ، استطاع العلم أن يدرك الكيفية التي تعمل بها نظم الأمن والدفاع داخل جسد الكائن الحي .

ويبدو أن كلا منا يختلف عن الآخر اختلافا كبيرا ، ولا يقع هذا الاختلاف في الطباع أو في الأخلاق ، أو في العادات أو المثل العليا مثلا ، ولكن ما نقصده هنا هو ذلك الاختلاف الذي يتعلق ببعض تفاصيل البناء الداخلي للجسد الحي . ونحن لا نقصد كذلك الاختلاف في الشكل ، ولكننا نعني ذلك الاختلاف المتعلق بتركيبنا الكيميائي ، وهو الذي يحدد في نهاية الأمر جميع الخواص والصفات .

لقد تبين أن لكل كائن منا علامات كيميائية خاصة به فقط ، وهذه العلامات تعتبر مميزة لخلاياه ، ومميزة له في نهاية الأمر ، وهي لا تتكرر في أي كائن آخر من بقية الكائنات الحية ، مثلها في ذلك مثل بصمات الأصابع التي تميز كل فرد عن الآخر . وقد أجريت إحدى التجارب

على بعض أنواع الاسفنج ، وقد ساعدت هذه التجربة على إيضاح هذه الحقيقة ، وبينت بما لا يقبل الشك أن كل كائن حي يختلف تمام الاختلاف عن غيره في شيء ما ، حتى وإن كانا من نفس الجنس أو نفس الفصيلة .

ويعتبر الاسفنج من أبسط أنواع الكائنات الحية المتعددة الخلايا ، بل قد ينظر إليه أحيانا على أنه يشبه مستعمرة تتكون من آلاف من الخلايا المفردة . وقد أخذ العلماء الذين قاموا بهذه التجربة قطعة من الاسفنج الأبيض ، وقاموا بتفكيك خلاياها تحت الماء بحيث انفصلت كل خلية عن الأخرى ، وتحولت قطعة الاسفنج التي بدأوا بها إلى معلق من الخلايا المفردة في الماء .

وقد قام العلماء بمراقبة هذه الخلايا الاسفنجية تحت الميكروسكوب في صبر وأناة ، ولاحظوا أنه إذا اقتربت إحدى الخلايا الاسفنجية من خلية أخرى ، فإنها لا تلتحم بها مباشرة ، ولكنها تتلامس معها أولا ، ثم تدور حولها تتحسس سطحها ، وكأنها تشمها ، أو كأنها تحاول العثور على علامة خاصة تستطيع أن تميز بها هذه الخلية وتتعرف عليها منها ، وبعد انقضاء فترة وجيزة من هذا التلامس والمحاورة ، يبدو أن التعارف قد تم بين هاتين الخليتين ، وبمجرد حدوث هذا التعارف يتم الارتباط بينهما على الفور ، وتلتحمان معا ، وتتحولان الى كائن حي ذي خليتين .

وما هي إلا لحظات ، حتى تقترب خلية ثالثة من هذا الكائن الجديد ذي الخليتين ، وتبدأ عملية التعارف والتلامس السالفة

الذكر . وعندما تتأكد هذه الخلية الثالثة ، أنها عثرت على كائن مماثل لها ، تلتحم مع هاتين الخليتين مكونة كائنا جديدا من ثلاثة من هذه الخلايا . وتتوالى عمليات التلامس والتعرف بين هذا الكائن الجديد وبين خلية رابعة ، ثم خامسة وهكذا . . . . وفي كل مرة تتم فيها عملية التعارف بنجاح ، يحدث الاتصال أو الارتباط بين هذا الكائن وبين خلية جديدة ، حتى يتحول معلق الخلايا الاسفنجية المفردة في نهاية الأمر إلى قطعة واحدة متصلة من الاسفنج .

ولم يصدق من رأوا هذه التجربة ما شاهدوه في أول الأمر ، فقد كان ، فعلا ، شيئا يفوق كل خيال . ولاثبات أن عملية التعرف بين الخلايا شيء حقيقي ، وليست ضربا من ضروب الخيال ، قام العلماء الذين أجروا التجربة السابقة ، بإجراء تجربة أخرى مماثلة ، قطعت الشك باليقين .

لقد قام هؤلاء العلماء بمزج نوعين من أنواع الاسفنج ، أحدهما من النوع الأبيض ، وثانيهما من النوع الأحمر ، ثم قاموا بتفكيك خلايا هذين النوعين معا في الماء ، وراحوا يراقبون ما يحدث بينهما تحت الميكروسكوب . وقد لوحظ أن الخلية الحمراء تدور حول الخلية البيضاء ، ثم تتلامس معها ، وتتحسس سطحها ، وتفحصه في صبر عجيب ، وكأنها تبحث عن علاقة معينة على هذا السطح ، ولكنها تيئس في نهاية الأمر ، عندما تعرف بوسيلة ما أن هذه الخلية البيضاء ليست من بنات جنسها ، بل هي تختلف عنها في النوع ، ولهذا فهي لا تلتحم معها ، بل تتركها في هدوء لتسبح بعيدا عنها بحثا عن خلية أخرى تستطيع أن تتعرف عليها .

وعندما تصادف الخلية الحمراء خلية حمراء أخرى ، فإنها تتلامس معها كذلك ، وتتحسس سطحها بنفس الأسلوب السابق ، وسرعان ما تتعرف عليها ، وتدرك أنها من بنات جنسها فتلتحم معها مكونة كائنا جديدا ذا خليتين حمراوين . ومن المدهش أن هذه العملية التي يمكن أن نسميها بعملية التعارف بين الخلايا ، تتم بدقة فائقة ، ولا يصيبها الخطأ أبدا في أي مرة من المرات فلا تلتحم الخلية البيضاء مع خلية حمراء ، ولا ترتبط خلية بيضاء بخلية حمراء ، وينتهي الأمر بالمزيج السابق لمعلق الخلايا الاسفنجية الحمراء والبيضاء ، الى تكوين قطعتين من الاسفنج ، أحدهما من الاسفنج الأبيض مائة في المائة ، والأخرى من الاسفنج الأحمر مائة في المائة .

وقد أثارت هذه التجارب دهشة العلماء إلى حد كبير ولكنها استثارت فيهم الرغبة في استجلاء أسرار عملية التعارف السابقة ، ودفعتهم إلى البحث عن الطريقة التي تستطيع بها تلك الخلايا أن تميز نفسها عن غيرها . وقد اتضح من مختلف الدراسات التي أجريت في هذا المجال ، أن كل خلية من خلايا الكائن الحي الواحد ، تحمل علامة خاصة بها ومميزة لها ، وأن هذه العلامة تبقى ثابتة على الدوام مثل البطاقة الشخصية ، فهي لا تتغير من خلية إلى أخرى ، بل توجد دائما في جميع خلايا الكائن الحي الواحد .

وقد اتضح فيما بعد أن هذه العلامة المميزة ما هي إلا جزيء من البروتين من نوع خاص يرتبط بجدار الخلية الحية ، ويطل من سطحها ، في وضع خاص . وعلى هذا فإن تركيب هذا البروتين ، وشكله الفراغي ، أو هيئته العامة ، أو الطريقة التي يلتوي بها حول

نفسه فوق السطح الخارجي لجدار الخلية ، يمثل العلامة المميزة لهذه الخلايا ، أو « الماركة المسجلة » لخلايا الكائن الحي الواحد ، والتي يمكن عن طريقها أن تقوم هذه الخلايا بتمييز نفْسها من غيرها .

ويبدو أن جزيئات التعرف هذه ، أو ما يمكن ان نطلق عليه « علامات التعرف الجزيئية » « Molecular Markers » كثيرة الانتشار في دنيا الخلايا الحية ، فنحن نجدها في كل مكان في الكائن الحي . فمثلا الهرمونات التي تتحكم في كثير من العمليات الحيوية للجسم ، مثل التحكم في ضربات القلب ، أو الشعور بالجوع ، وغير ذلك ، تتعرف على أهدافها عن طريق هذه العلامات الجزيئية السالفة الذكر ، فالهرمون كما رأينا سابقا ، يطلق في الدم ، ويسري مع تياره إلى جميع أجزاء الجسم وخلاياه دون استثناء ، ولكنه لا يؤثر إلا في مجموعة خاصة من الخلايا فقط ، وهو يفعل ذلك على ما نعتقد بعد أن يتعرف على هذه الخلايا من بعض العلامات الجزيئية الخاصة بها ، والتي تتناسب مع نوعه ، ومع وظيفته .

كذلك فان مثل هذه العلامات الجزيئية توجد في خلايا الدم ، وهي التي تميز نوعا من الدم عن النوع الآخر ، وهي التي تجعلنا نصنف هذه الأنواع في فصائل خاصة نرمز لها ببعض الرموز مثل (أ A) أو (ب B) أو (أ ب AB) أو (و O) .

وعلى هذا الأساس ، فإن عمليات التلامس التي كانت تقوم بها خلايا الاسفنج كان الغرض منها في الحقيقة ، هو البحث عن هذه العلامات الجزيئية للتعرف على الخلايا التي من نوعها وللتمييز بينها

وبين غيرها من الخلايا . وتعتبر هذه العلامات الجزيئية ، أو جزيئات التعرف ، أهم عناصر نظام الدفاع والأمن في جسد الكائن الحي ، فهذه العلامات على درجة قصوى من الأهمية ، ولا بد لكل كائن حي أن يمتلك وسيلة ما للتعرف على خلاياه ، وللتفرقة بينها وبين الخلايا الأخرى ، وإلا دمر هذا الكائن نفسه بنفسه أثناء عملية الدفاع عن كيانه .

ويمكننا أن نتصور أن هذه العلامات الجزيئية ما هي إلا البطاقة الشخصية أو الهوية التي تحملها خلايا الكائن الحي ، أو قل ما هي إلا رمز لجنسية هذه الخلايا . فكما يحمل أفراد الدولة الواحدة نفس الجنسية ، بذلك الخلايا الحية ، لا بد أن تحمل كل منها ما يدل على شخصيتها وجنسيتها ، ويفيد انتسابها الى الكائن الحي الذي تكون جزءا منه .

ويستخدم نظام الدفاع والأمن في جسد الكائن الحي أجساما مضادة على درجة عالية من التخصص ، وتقوم هذه الأجسام بالتجوال في مسالك الجسم ودروبه ، وتقوم أثناء هذا التجوال بالتفتيش على خلايا الجسم والتعرف عليها بالطريقة السالفة الذكر ، فهي تتحسس الخلايا واحدة واحدة ، فإذا وجدتها مطابقة لها ، أي إذا وجدت علاماتها الجزيئية مثل علاماتها ، قالت « هذه أنا » وتركتها لحالها ، وإذا وجدت إحدى الخلايا ذات علامات جزيئية تختلف عن العلامات التي تألفها ، قالت « هذه ليست أنا » ، بل هذه دخيلة علينا ، ويجب القضاء عليها في الحال ، فتقوم بمهاجمة هذه الخلية على الفور ، وتقضي عليها وتبيدها .

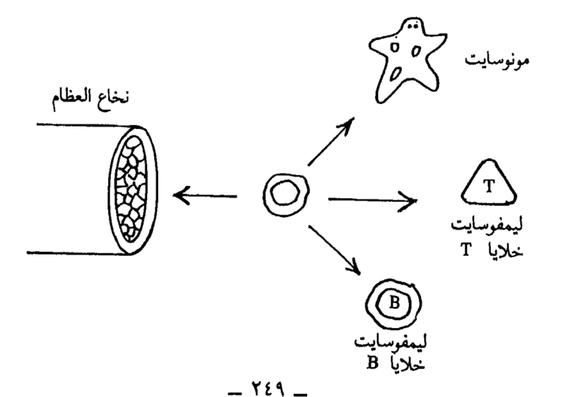
وهكذا نجد أن هذه الأجسام المضادة التي يطلقها الجسم في دوريات منتظمة تجوب كل مكان فيه ، تستطيع أن تكتشف كل الدخلاء والمتسللين ، مثل البكتريا وما شابهها ، عن طريق قراءة العلامات الجزيئية لكل ما يصادفها من خلايا . ولعل هذا السلوك الدقيق الذي لا تحيد عنه تلك الأجسام المضادة ، أو تلك الدقة البالغة التي تقرأ بها العلامات الجزيئية لخلايا الجسم ، هي إحدى المعوقات الرئيسية لعملية زرع الأنسجة في الأجسام التي يكثر الحديث عنها في هذه الأيام ، وربما كان السبب في رفض الجسم للنسيج الدخيل بعد إجراء الجراحة بعدة أيام ، يرجع إلى اختلاف تلك العلامات الجزيئية في هذا النسيج المزروع عن العلامات الجزيئية لخلايا الجسم الأصلي .

وهناك أنواع متعددة من الأجسام المضادة التي يقوم الجسم بتصنيعها بين حين وآخر ، وفي بعض الأحيان نجد أن كل نوع من هذه الأجسام يتخصص في التعرف على دخيل ما والقضاء عليه . ويعتبر نخاع العظام في جسم الانسان بمثابة القيادة العامة للدفاع والأمن في الجسم ، ففي هذا النخاع ، تنتج أنواع خاصة من الخلايا تعتبر هي الأصل في تكوين الأجسام المضادة التي يحتاجها الجسم .

وتتحول هذه الخلايا بعد تكوينها إلى **ثلاثة أنواع** من الخلايا المتخصصة : **النوع الأول** منها يتحول في نهاية الأمر إلى خلايا من نوع خاص يعرف باسم « مونوسايت » وهي تكون القوة الضاربة الرئيسية بين قوات الدفاع في الجسم . وتعطي هذه الخلايا كذلك **نوعا ثانيا** من الخلايا تعرف باسم « ليمفوسايت » أو « الخلايا

الليمفاوية » ، وهي خلايا ليمفاوية يطلق عليها أحيانا اسم رمزي فتسمى كذلك خلايا « T » ، وهي تمثل سلاح الإشارة في الجيوش الحديثة ، إذ تطلق اشارات الانذار بوجود الدخيل في الجسم . أما النوع الثالث من هذه الخلايا ، فهو يتحول في نهاية الأمر إلى خلايا ليمفاوية متخصصة ، يطلق عليها كذلك اسم رمزي ، فتسمى خلايا «B» وهذه الخلايا تقوم مقام سلاح الإمداد والتموين في الجيوش الحديثة ، فمنها تنطلق أعداد هائلة من الأجسام المضادة تكتسح كل ما يصادفها من الخلايا الدخيلة .

وتكون هذه الأنواع الثلاثة من الخلايا فيما بينها ، جيشا هائلا يعمل في تناسق وانسجام ، تماما كما تفعل أسلحة الجيوش الحديثة ، وهي تستطيع التعرف على الدخلاء والمتسللين بدقة بالغة ، ثم تقوم بعد ذلك بتدميرها بكل سرعة وقوة .



ويمكن تصور المعركة الهائلة التي قد تنشب داخل الجسم ، عند دخول أحد المتسللين أو أحد الدخلاء فيه على الوجه التالي :

قد تدخل البكتريا إلى الجسم عن طريق بعض الجروح ، أو عن طريق الأمعاء . وهي عندما تفعل ذلك ، تبدأ في الانقسام بسرعة هائلة ، وتتكاثر في العدد بشكل خيالي وتبدأ في الانتشار فيما حولها من أنسجة .

وعندما تتقابل خلايا البكتريا الدخيلة مع خلايا « المونوسايت » تبدأ هذه الخلايا الأخيرة في النشاط . ولا يعرف حتى الآن ، ما الذي يستثير هذه الخلايا وينشطها ، ولكنها تبدأ في التحول إلى خلايا أكبر في الحجم قليلا تعرف باسم « ماكروفاج » أو « الخلايا الملتهمة » . وهذه الخلايا الأخيرة تتميز بشراهتها الفائقة ، فهي تستطيع أن تلتهم كل ما يصادفها ، وتحوي بداخلها أنواعا مختلفة من الانزيمات المحللة ، وبذلك تقف مستعدة للدخول في أي معركة .

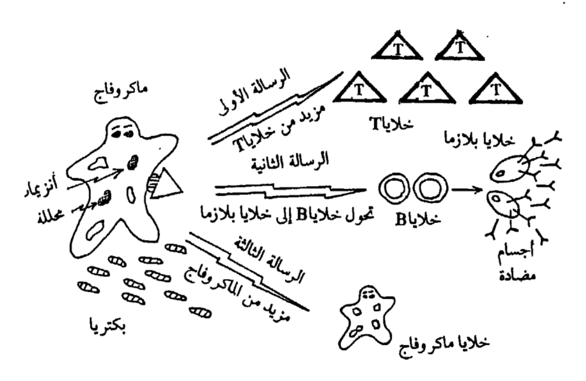
ويقوم النوع الثاني من الخلايا ، وهو النوع المعروف باسم خلايا « T » بدور غريب في هذه المعركة ، ولكنه دور هام جدا ، ويبدو أن مهمتها الأساسية هي التعرف على الخلايا الدخيلة ، وإخطار الجهات المسئولة عن نوعها ، فتقوم هذه الخلايا بالالتصاق بجدران خلايا البكتريا الدخيلة وتتحسس هذه الجدران وكأنها تبحث عن العلامات الجزيئية لهذه الخلايا البكتيرية . وعندما تعرف أنها خلايا دخيلة تسحبها معها ، وتلتصق بها على جدران خلايا الماكروفاج ، وكأنها بذلك تنقل بصمة هذه الخلايا الدخيلة أو علاماتها الجزيئية الى خلايا

الماكروفاج .

وينتج عن هذا اللقاء بين خلايا « T » وبين كل من خلايا البكتريا والماكروفاج شيء غريب ، فتنشط خلايا « T » بطريقة خاصة ، وكأنها أحست بالخطر وبوجود الأجسام المعادية داخل جسد الكائن الحي ، وتبدأ في إرسال ثلاث رسائل أو إشارات ، يسمع صداها في جميع أرجاء جسم الكائن الحي .

وتحمل الرسالة الأولى الأوامر والتعليمات الخاصة بتنشيط عملية تكوين خلايا « T » نفسها ، حتى يمكن لها إرسال المزيد من الإشارات وإبلاغ الرسالة الى كل مكان . أما الرسالة الثانية ، فهي تؤدي إلى تنشيط عملية تكوين خلايا الماكروفاج الشرهة ، فتبدأ أعداد هائلة منها في التكون ، وتعتبر هذه الرسالة كذلك بمثابة استدعاء لها إلى مكان المعركة . أما الرسالة الثالثة ، فهي تدفع الخلايا الليمفاوية المعروفة باسم خلايا « B » إلى التحول إلى نوع خاص من الخلايا يعرف باسم خلايا البلازما ، وهذه الخلايا الأخيرة لها القدرة على إنتاج كميات هائلة من الأجسام المضادة ، وهي عبارة عن جزيئات من البروتين من نوع خاص وتشبه حرف « Y » في اللغة الأجنبية .

وهكذا نجد أن الاستعداد للمعركة قد تم في الحال ، فقد تكونت أعداد غفيرة من خلايا « T » التي تطلق الإنذار ، وتحولت خلايا «B» إلى خلايا البلازما التي تفرز الأجسام المضادة وهي سلاح المعركة البتار ، كما تكونت كميات هائلة من خلايا الماكروفاج التي لا تبقي ولا تذر ، والتي لها القدرة على التهام البكتريا وتحليلها .

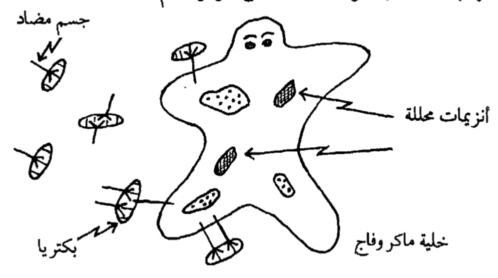


ومن المعتقد أن المعركة الحقيقية تبدأ بمجرد تكون خلايا البلازما ، فإن هذه الخلايا تبدأ في إنتاج الأجسام المضادة على نطاق واسع ، وهي تفعل ذلك بسرعة تفوق سرعة تكاثر البكتريا ، وهي تدخل معها في سباق تكسبه هي في نهاية الأمر عندما تتمكن من إنتاج أعداد هائلة منها تزيد على خلايا البكتريا الدخيلة .

وتقوم هذه الأجسام المضادة ، وهي جزيئات من البروتين ذات شكل خاص ، بمطاردة خلايا البكتريا في مكان الإصابة ، وهي تمسك بخلايا البكتريا بواسطة طرفيها المتباعدين مثلما يفعل الملقط ، فلا تستطيع منها فكاكا ، ثم تحملها إلى خلايا الماكروفاج الشرهة ، وهناك يرتبط الجسم المضاد بطرفه المفرد بجدار خلية الماكروفاج ، بينما يحمل خلية البكتريا بين فكيه .

وهنا تبدأ خلية الماكروفاج في التهام الخلية الدخيلة ، وتمتصها في

داخلها ، وهناك يتم تحليل خلية البكتريا بواسطة الانزيمات المحللة التي تمتلىء بها خلية الماكروفاج ، وتتحول بذلك خلية البكتريا الضارة الى مركبات أو جزيئات صغيرة غير ضارة ، ويجري التخلص منها بعد ذلك بالطريقة المعتادة عن طريق الدم .



وقد تدور هذه المعارك الضارية في داخلنا دون أن نحس بها على الإطلاق ، فهي تجري في أجسادنا عادة في صمت تام ، ولكن نظام الدفاع في الجسد قد يفشل في بعض الأحيان ، وحينئذ نحس بشيء من التوعك ، وقد ترتفع درجة حرارتنا إلى غير ذلك من أعراض المرض .

وحتى عندما يفشل نظام الدفاع والأمن في الجسم ، ويحتاج إلى بعض المساعدة من خارج الجسم ، ويتم ذلك عادة عن طريق تناول بعض العقاقير أو بعض المضادات الحيوية ، فإن ذكرى هذه المعركة يبقى عالقا بالجسم بطريقة ما ، حتى إذا ما عاود نفس المرض الظهور مرة أخرى ، فإن جهاز الدفاع يبدأ عملية المقاومة في الحال ، وقد استفاد كثيرا من خبرته السابقة ، وذلك لأن المعركة في هذه المرة تدور

بطريقة أسرع وأفضل مما سبق ، ولا تظهر أعراض المرض هذه المرة على الجسد ، ويقال حينئذ إننا قد اكتسبنا مناعة ضد هذا النوع من المرض .

وهناك أنواع أخرى من الأمراض لا يستطيع نظام الأمن والدفاع السابق أن يتصدى لها أو يقاومها . ومن أمثلة هذه الأمراض مرض السرطان الذي حار العلماء في أمره منذ زمن ولا يزالون حتى الآن . ويمكن لهذا المرض أن يبدأ في أي خلية من خلايا الجسم . فكل خلية من آلاف ملايين الخلايا التي توجد في الجسم قد تتعرض لهذا المرض العضال . وقد ينشأ هذا المرض بسبب وجود بعض الجزيئات الكيميائية ذات التركيب الخاص ، أو بسبب التعرض لبعض الاشعاعات ، أو بسبب الإصابة ببعض الفيروسات . كذلك قد ينشأ هذا المرض عن خطأ ما في إحدى الرسائل الوراثية أو الجينات . وقد لا يهاجم هذا المرض الجسم على الاطلاق ، وقد يفعل ذلك . ولكننا على الأغلب لا نعرف وجوده إلا عندما يبدأ هجومه الساحق على جسد الكائن الحي .

وتبدأ الخلية المصابة في الانقسام العشوائي دون رابط ، وهي تتكاثر بسرعة هائلة، ولا يستطيع نظام الدفاع والأمن المعتاد أن يتدخل في هذه الحالة . ويبدو أن السبب في ذلك أن الخلايا السرطانية تحمل هي الأخرى نفس العلامات الجزيئية التي تحملها بقية خلايا الجسم ، ولهذا السبب يصعب على الأجسام المضادة أن تميز بينها وبين الخلايا الطبيعية الأخرى غير المصابة ، وبذلك لا تسارع إلى تدميرها .

خاتمة

يتبين مما سبق أن الخلية هي الوحدة الأساسية في بناء كل كائن حي . وتشبه كل خلية من هذه الخلايا معملا كيميائيا فريدا في نوعه ، تتم فيه مئات من التفاعلات الكيميائية المعقدة التي تكرر نفسها على الدوام ، وتتكون فيه مئات من أصناف الجزيئات الكيميائية التي يخدم كل منها غرضا معينا لا يحيد عنه .

ولا تتشابه كل الخلايا في جسد الكائن الحي ، بل إن كثيرا منها له لغته الكيميائية الخاصة التي يتعامل بها ، مما يؤدي في نهاية الأمر إلى تخصص هذه الخلايا وقيامها بوظيفة محددة في جسد الكائن الحي . والخلية هي أصغر الوحدات في هذا الكون التي تعطينا مظاهر الحياة ، ورغم ذلك فنحن لا نعرف شيئا عن الحياة نفسها .

وعلى الرغم من أن كل خلية من خلايا جسد الكائن الحي تحمل في نواتها نفس العوامل الوراثية التي تحمل بين طياتها نفس الأوامر والتعليمات التي توجد بكل الخلايا الأخرى ، إلا أننا نجد أن أجزاء كبيرة من هذه الرسائل تبقى معطلة في كل خلية . ولا تعمل كل خلية من هذه الخلايا إلا بقدر محدود من هذه الرسائل يتناسب مع الوظيفة التي تخصصت فيها . ويعني ذلك أن كل خلايا جسد الكائن الحي لديها نفس كتاب الأوامر والتعليمات مكتوبا بنفس اللغة الكيميائية المتعارف عليها فيما بينها ، إلا أن كل خلية فيها لا تقرأ إلا صفحة واحدة من هذا الكتاب وتعمل بما جاء فيها فقط ، دون أن تلقي بالا إلى بقية صفحات هذا الكتاب .

ويمكن تشبيه جسد الكائن الحي في أرقى صوره ـ كما في الانسان ـ بالمجتمع البشري الذي يتكون من ملايين من الأفراد ، وبالرغم من تشابه أفراد هذا المجتمع في كثير من الصفات ، إلا أن كلا منهم يؤدي وظيفة بعينها تتناسب مع ما أهل له ودرب عليه . ويتساءل كثير من العلماء عن الهدف الحقيقي من وجود مثل هذا النظام الفريد ، المسمى بالحياة ، والذي يختلف كل الاختلاف عن غيره من الموجودات في هذا الكون .

ويرى بعض هؤلاء العلماء أن الهدف الأصلي من وجود مثل هذا النظام المحكم قد يكون متعلقا بتكرار النوع والحفاظ على الجنس . وهم يرون أن الطبيعة ، وهي كلمة غامضة لا معنى لها ، تستمر في تعضيد هذا النظام طالما كان قادرا على التناسل وعلى الحفاظ على النوع ، وأنها تكف يدها عن مساندة هذا النظام ، وتقل حاجتها إلى الكائن الحي بمجرد انتهاء قدرته على تكرار النوع .

ويستشهد أصحاب هذا الرأي بما يحدث للنساء عند سن الخامسة والأربعين ، ففي هذه السن ، تقف قدرة المرأة على الحمل وعلى الإنجاب ، وهم يعتبرون أن هذه السن تمثل بدء عملية الشيخوخة الحقيقية عند النساء ، ويمتد هذا الرأي كذلك لينطبق على الرجال ، وإن كانت المرحلة التي تبدأ عندها الشيخوخة في الرجال ، تأتي في سن أعلى قليلا منه عند النساء .

ويرى بعض هؤلاء العلماء أن بعض الظواهر الطبيعية التي نراها حولنا تعضد هذا الرأي إلى حد كبير ، فبعض النباتات تموت بعد فترة

وجيزة من انتهاء عملية التلقيح وتكوين الجنين الجديد . وبعض الحشرات ، مثل العقرب تأكل أنثاه الذكر فور عملية التلقيح وانتهاء وظيفته ، كذلك تقتل ملكة النحل الذكر بعد انتهاء طيران العرس ، فلم تعد هناك حاجة لهذه الذكور .

ويستخلص أصحاب هذا الرأي من كل ذلك ، أن الحياة تستمر في نموها وازدهارها بصورة طبيعية ، طالما كانت لها القدرة على تكرار النوع ، ولكنها تبدأ في التدهور عندما تفقد هذه القدرة ، فتزداد عمليات الهدم في جسد الكائن الحي ، وتبدأ أنظمة الجسم المختلفة في الاختلال ، ويستمر الانحلال التدريجي في الزيادة فيدخل الكائن الحي في مرحلة الهرم ، وتنتهي حياته بالموت .

ولا شك أن مثل هذا الآراء لا تجد لها سندا علميا حقيقيا حتى الآن ، فهي لم تخرج عن كونها ملاحظات عابرة ، خاصة وأن هناك شواهد أخرى تعارض مثل هذه الآراء . فكما أن هناك من تبدو عليهم أعراض الشيخوخة في سن الخمسين ، فهناك من يحتفظون بقواهم كاملة حتى سن الثمانين ، بل قد يتجاوز بعض الأفراد سن المائة وهم يحتفظون بلياقتهم كاملة .

ولا يعرف أحد السبب الحقيقي في ظهور أعراض الشيخوخة على الكائن الحي ، ولا السبب في حدوث هذا الاختلال والانحلال في أنظمة الجسم ، ولكن يبدو أن هناك ميكانيكية معينة بالجسم ، تبدأ فعلها المدمر في الوقت المناسب ، ولا بد أن هناك شيئا ما في خلايانا

يتخذ مثل هذا القرار المخيف ، ويأمر بإفناء الكائن الحي وإنهاء حياته .

ونظرا لأن كل شيء في الخلية الحية يحدث طبقا لبرنامج مقرر من قبل ، مسطور على جزيئات الحمض النووي DNA ، فقد قوى الظن لدى كثير من العلماء ، بأن هذا الحمض النووي قد يحمل أحد الجينات التي تخصصت في هذا العمل ، وأن هذا « الجين » يحمل في ثناياه رسالة خاصة بهذا الأمر . ومن المعتقد أن هذا « الجين » يبقى ساكنا طوال حياة الكائن الحي ، وتبقى الرسالة التي يحملها معطلة إلى حين ، ولكنه في لحظة ما، ولسبب لا نعرفه ، يبدأ في العمل ، ويطلق الشرارة المناسبة فتبدأ عمليات الهدم والانحلال فعلها في جسد الكائن الحي حتى تفضي به إلى الموت .

ولو أن هذا حقيقي ، واتاح لنا الزمن إتقان لغة الكيمياء عند الكائنات الحية ، واستطعنا أن نعطل عمل هذه الرسالة التي يحملها هذا « الجين » ، لأمكن لنا إطالة الحياة ولو الى حين . وهو حلم من الأحلام التي تراود علماء هذا الفرع من العلم (علم البيولوجية الجزيئية Molecular Biology) .

* * * *



المراجع

١ - الـكيمياء الحيوية العضـوية ، و . هـ . فريمـان ، سان فرانسيسكو ، ١٩٧٩ .

Bio - Organic Chemistry, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1979 .

٢ - لايسوزايم فليمنج ، روبرت ف . آكروس . أ . هارتسل ، المجلة العلمية الأمريكية ، يونيو ، ١٩٦٠ .

Fleming's Lysozyme, R.F. Acker and S.E. Hartsell Scientific American June 1960.

٣ - المخ - كتاب المجلة العلمية الأمريكية ، و . هـ . فريمان ، سان فرانسيسكو ، ١٩٧٩ .

The Brain, A Scientific American Book, W.H.Freeman, San Francisco, 1979 .

٤ - كتـاب العلـم المبسـط جزء ٣، ٥ . جروليبه ، الولايات المتحدة ، ١٩٨٤ .

The New Book of Popular Science, Vol, 3 and 5, Grolier Incorporated, U.S.A. 1984.

٥ ـ ساجـان ، كارل . نظـرات على تطـور الـذكاء الانسانـي ، نيويورك ، راندوم هاوس ، ١٩٧٧

Sagan, Carl The Dragons of Eden : Speculations on The Evolution of Human Intelligence . New York, Random House 1977.



المحتوى

صفحة



المؤلف في سطور

- د / احمد مدحت اسلام
- من مواليد القاهرة في ٢٤/ ١٠/ ١٩٢٤
- بكالوريوس علوم من جامعة القاهرة عام ١٩٤٦ ، ثم ماجستير عام ١٩٥١ ، ثم دكتوراه من جامعة جلاسجو عام ١٩٥٤ .
- عمل استاذا ورئيسا لقسم الكيمياء بجامعة الازهر عام ١٩٦٤ ، ثم وكيلا لكلية الهندسة ،ثم عميدا لكلية العلوم بنفس الجامعة من ١٩٧٠ - ١٩٧٦ م
- من نشاطاته العلمية :

- اشرف على عدد كبير من الرسائل العلمية
- نشر اكثر من مائة بحث في الكيمياء التخليقية بالمجلات المتخصصة
- له مؤلفات دراسية في الكيمياء وفي العلوم المبسطة .
- عضو في الأكاديمية المصرية للعلوم ، وفي اكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا ، وفي المجمع العلمي المصري ، وخبير بلجنتي الكيمياء والصيدلة والنفط بمجمع اللغة العربية بالقاهرة .

صدر في هذه السلسلة

٢١ ـ مشكلة إنتاج الغذاء في الوطن العربي	تأليف : د/ محمد علي الفرا
٢٢ ـ البيئة ومشكلاتها	تأليف : رشيد الحمد محمد سعيد صباريني
٢٣ ـ الرق	تأليف : د/ عبد السلام الترمانيني
٢٤ ـ الإبداع في الفن والعلم	تأليف : د/ حسن أحمد عيسى
٢٥ ـ المسرح في الوطن العربي	تأليف : د/ علي الراعي
٢٦ ـ مصر وفلسطين	تأليف : د/ عواطف عبد الرحمن
٢٧ ـ العلاج النفسي الحديث	تأليف : د/ عبد الستار إبراهيم
٢٨ ـ أفريقيا في عصر التحول الاجتماعي	ترجمة : شوقي جلال
٢٩ ـ العرب والتحدي	تأليف : د/ محمد عمارة
٣٠ ـ العدالة والحرية في فجر النهضة العربية الحديثة	تأليف : د/ عزت قرني
٣١ ـ الموشحات الأندلسية	تأليف : د/ محمد زكريا عناني
٣٢ ـ تكنولوجيا السلوك الإنساني	ترجمة : د/ عبد القادر يوسف مراجعة : د/ رجا الدريني
٣٣ ـ الإنسان والثروات المعدنية	تأليف : د/ محمد فتحي عوض الله
٣٤ ـ قضايا أفريقية	تأليف : د/ محمد عبد الغني سعودي
٣٥ ـ تحولات الفكر والسياسة في الشرق العربي (١٩٣٠ ـ ١٩٧٠)	تأليف : د/ محمد جابر الأنصاري
٣٦ ـ الحب في التراث العربي	تأليف : د/ محمد حسن عبدالله
٣٧ ـ المساجد	تأليف : د/ حسين مؤنس
٣٨ ـ تكنولوجيا الطاقة البديلة	تأليف : د/ سعود يوسف عياش
٣٩ ـ ارتقاء الإنسان	ترجمة : د/ موفق شخاشيرو مراجعة : زهير الكرمي
٤٠ ـ الرواية الروسية في القرن التاسع عشر	تأليف : د/ مكارم الغمري
٤١ ـ الشعر في السودان	تأليف : د/ عبده بدوي
٤٢ ـ دور المشروعات العامة في التنمية الاقتصادية	تأليف : د/ علي خليفة الكواري
٤٣ ـ الإسلام في الصين	تأليف : فهمي هويدي
٤٤ ـ اتجاهات نظرية في علم الاجتماع	تأليف : د/ عبد الباسط عبد المعطي
٤٥ ـ حكايات الشطار والعيارين في التراث العربي	تأليف : د/ محمد رجب النجار

٤٦ ـ دعوة إلى الموسيقا	تأليف : يوسف السيسي
٤٧ ـ فكرة القانون	ترجمة : سليم الصويص مراجعة : سليم بسيسو
٤٨ ـ التنبؤ العلمي ومستقبل الإنسان	تأليف : د/ عبد المحسن صالح
٤٩ ـ صراع القوى العظمى حول القرن الافريقي	تأليف : صلاح الدين حافظ
٥٠ ـ التكنولوجيا الحديثة والتنمية الزراعية	تأليف : د/ محمد عبد السلام
٥١ ـ السينما في الوطن العربي	تأليف : جان ألكسان
٥٢ ـ النفط والعلاقات الدولية	تأليف : د/ محمد الرميحي
٥٣ ـ البدائية	ترجمة : د/ محمد عصفور
٥٤ ـ الحشرات الناقلة للأمراض	تأليف : د/ جليل أبو الحب
٥٥ ـ العالم بعد مائتي عام	ترجمة : شوقي جلال
٥٦ ـ الإدمان	تأليف : د/ عادل الدمرداش
٥٧ ـ البيروقراطية النفطية ومعضلة التنمية	تأليف : د/ أسامة عبدالرحمن
٥٨ ـ الوجودية	ترجمة : د/ إمام عبد الفتاح
٥٩ ـ العرب أمام تحديات التكنولوجيا	تأليف : د/ انطونيوس كرم
٦٠ ـ الايديولوجية الصهيونية (الجزء الأول)	تأليف : د/ عبد الوهاب المسيري
٦١ ـ الايديولوجية الصهيونية (الجزء الثاني)	تأليف : د/ عبد الوهاب المسيري
٦٢ ـ حكمة الغرب (الجزء الأول)	ترجمة : د/ فؤاد زكريا
٦٣ ـ الاسلام والاقتصاد	تأليف : د/ عبد الهادي علي النجار
٦٤ ـ صناعة الجوع (خرافة الندرة)	ترجمة : أحمد حسان عبد الواحد
٦٥ ـ مدخل إلى تاريخ الموسيقا المغربية	تأليف : عبدالعزيز بن عبدالجليل
٦٦ ـ الاسلام والشعر	تأليف : د/ سامي مكّي العاني
٦٧ ـ بنو الإنسان	ترجمة : زهير الكرمي
٦٨ ـ الثقافة الألبانية في الأبجدية العربية	تأليف : د/ محمد موفاكو
٦٩ ـ ظاهرة العلم الحديث	تأليف : د/ عبد الله العمر
٧٠ ـ نظريات التعلم (دراسة مقارنة)	ترجمة : د/ علي حسين حجاج مراجعة : د/ عطيه محمود هنا
٧١ ـ الاستيطان الأجنبي في الوطن العربي	تأليف : د/ عبدالمالك خلف التميمي
٧٢ ـ حكمة الغرب (الجزء الثاني)	ترجمة : د/ فؤاد زكريا
٧٣ ـ التخطيط للتقدم الاقتصادي والاجتماعي	تأليف : د/ مجيد مسعود

٧٤ ـ مشاريع الاستيطان اليهودي	تأليف : د/ أمين عبدالله محمود
٧٥ ـ التصوير والحياة	تأليف : د/ محمد نبهان سويلم
٧٦ ـ الموت في الفكر الغربي	ترجمة : كامل يوسف حسين مراجعة : د/ إمام عبدالفتاح
٧٧ ـ الشعر الإغريقي تراثاً انسانياً وعالمياً	تأليف : د/ احمد عتمان
٧٨ ـ قضايا التبعية الإعلامية والثقافية	تأليف : د/ عواطف عبد الرحمن
٧٩ ـ مفاهيم قرآنية	تأليف : د/ محمد احمد خلف الله
٨٠ ـ الزواج عند العرب (في الجاهلية والإسلام)	تأليف : د/ عبد السلام الترمانيني
٨١ ـ الأدب اليوغسلافي المعاصر	تأليف : د/ جمال الدين سيد محمد
٨٢ ـ تشكيل العقل الحديث	ترجمة : شوقي جلال مراجعة : صدقي حطاب
٨٣ ـ البيولوجيا ومصير الإنسان	تأليف : د/ سعيد الحفار
٨٤ ـ المشكلة السكانية وخرافة المالتوسية	تأليف : د/ رمزي زكي
٨٥ ـ دول مجلس التعاون الخليجي ومستويات العمل الدولية	تأليف د/ بدرية العوضي
٨٦ ـ الإنسان وعلم النفس	تأليف : د/ عبدالستار ابراهيم
٨٧ ـ في تراثنا العربي الاسلامي	تأليف : د/ توفيق الطويل
٨٨ ـ الميكروبات والإنسان	ترجمة : د/ عزت شعلان مراجعة : د/ عبد الرزاق العدواني د/ سمير رضوان
٨٩ ـ الاسلام وحقوق الانسان	تأليف : د/ محمد عمارة
٩٠ ـ الغرب والعالم	ترجمة : د/ عبدالوهاب المسيري د/ هدى حجازي مراجعة : د/ فؤاد زكريا
٩١ ـ تربية اليسر وتخلف التنمية	تأليف : د/ عبدالعزيز الجلال
٩٢ ـ عقول المستقبل	ترجمة : د/ لطفي فطيم
٩٣ ـ لغة الكيمياء عند الكائنات الحية	تأليف : د / أحمد مدحت سلام

الاشتراك السنوي : وهو مقصور على الفئات التالية :

● المؤسسات والهيئات داخل الكويت	١٠ دنانير
● المؤسسات والهيئات في الوطن العربي	١٢ ديناراً
● المؤسسات والهيئات خارج الوطن العربي	٨٠ دولاراً امريكياً
● الأفراد خارج الوطن العربي	٤٠ دولاراً امريكياً

الاشتراكات :

ترسل باسم الأمين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص . ب ٢٣٩٩٦ الكويت ● برقياً ثقف ● تلكس ٤٤٥٥٤
TLX No 44554 NCCAL

سعر النسخة :

◆ الكويت	٥٠٠ فلس
◆ السعودية	١٠ ريالات
◆ العراق	٦٠٠ فلس
◆ الاردن	٥٠٠ فلس
◆ سوريا	٦ ليرات
◆ لبنان	٥ ليرات
◆ ليبيا	٥٠٠ قرش
◆ المغرب	١٠ دراهم
◆ تونس	دينار واحد
◆ الجزائر	١٠ دنانير
◆ مصر	٥٠٠ مليم
◆ السودان	٥٠٠ مليم
◆ عمان	ريال واحد
◆ اليمن الجنوبية	٨٠٠ فلس
◆ اليمن الشمالية	٩ ريالات
◆ البحرين	٨٠٠ فلس
◆ قطر	١٠ ريالات
◆ الامارات العربية	١٠ دراهم

مطابع الرسالة ـ الكويت